

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
FAKULTA TEXTILNÍ

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Liberec 2007**

**Hrdinová Miroslava**

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Mechanická textilní technologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

# **Třecí vlastnosti tkanin**

Frictional Properties of Woven Fabrics

Miroslava Hrdinová

Vedoucí práce: Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.

Liberec  
2007/2008

## ANOTACE

<b>Jméno autora:</b>	Miroslava Hrdinová
<b>Název BP:</b>	Třecí vlastnosti tkanin
<b>Rozsah práce:</b>	63 stran, 7 obrázků, 3 tabulky, 60 grafů
<b>Školní rok:</b>	2007/2008
<b>Ústav:</b>	Fakulta textilní Obor Mechanická textilní technologie
<b>Vedoucí BP:</b>	Prof. Ing. Radko Kovář, CSc.
<b>Zadavatel tématu:</b>	Fakulta textilní
<b>Klíčová slova:</b>	Stick-slip efekt – Stick and slip effect Třecí síla – frictional force Koeficient tření – friction coefficient Normálové napětí – referential load Třecí odpor – frictional resistance
<b>Anotace:</b>	Vypracování grafů, získaných z hodnot naměřených na dynamometru INSTRON 4411. Vyhodnocení významu tření plošných textilií při jejich dalším zpracování a používání. Zaměření na vliv použitého materiálu a normálového napětí na třecí odpor.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a uvedla jsem veškerou použitou literaturu.

V Liberci dne 28.12.2007

---

Miroslava Hrdinová

**Poděkování:**

Ráda bych poděkovala Prof. Ing. Radko Kováři, CSc za odborné vedení a cenné rady při zpracování bakalářské práce.

V Liberci dne 28.12.2007

---

Miroslava Hrdinová

## Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá třecím chováním tkanin, zejména pak velikostí třecí síly mezi dvěma smýkajícími se materiály.

V její první části se seznámíme s historií tření, definicí a variantami tření. Zaměříme se na vliv normálového zatížení a směru smýkání na hodnotu třecí síly.

Nastíníme Stick-slip efekt, který se při tření často vyskytuje. Stick-slip efekt je výsledkem nepravidelnosti koeficientu tření, který v případě tkanin ovlivňuje jejich chování.

Teoreticky předpovědět velikost třecího odporu u tkanin je doposud nemožné, a proto je tato bakalářská práce orientována na experimentální hodnocení, se kterým se setkáme ve druhé části této práce. Experimentální část zahrnuje, jak popis materiálu použitého pro studii, tak postup měření na dynamometru INSTRON 4411. V neposlední řadě se dostaneme k názornému schématu dynamometru a nakonec k výsledkům, které jsou podstatou práce.

## Abstract

My bachelor work is concerned with characteristic of fabrics friction; primarily it deals with a magnitude of the frictional force.

In the first part of my work, you can get acquainted with the history, the definition and the options of the fabrics friction. We focus on effect of referential load and sweeping direction on the frictional force rate.

I outline a stick-slip effect, which often occurs within the friction. The stick-slip effect is a result of a frictional coefficient irregularity, which in the case of fabrics influences its characteristics.

To predict the rate of frictional resistance theoretically is impossible so far, therefore this bachelor work is directed to an experimental rating, which you can encounter in the second part of the work.

Experimental part encompasses not only the description of material applied for my project but also the measurement process on a dynamometer INSTRON 4411. Last but not least, you get to a vivid scheme of the dynamometer. In the end, you can find the recorded results, which are the fundamental of my bachelor work.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Symboly</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Úvod</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Historie tření</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Definice a podstata mechanismu tření</b>	<b>14</b>
4.1	Základní složky ovlivňující tření	14
<b>5</b>	<b>Varianty tření</b>	<b>15</b>
5.1	Smykové tření (vlečné tření, kinetické tření)	15
5.2	Klidové tření (statické tření)	15
5.3	Valivý odpor (valivé tření)	16
5.4	Vnitřní tření	16
5.5	Stick-slip efekt	17
	<i>Příčina</i>	17
	<i>Příklady</i>	18
5.6	Tečné a normálové napětí	18
<b>6</b>	<b>Tření v textilu</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Experimentální část</b>	<b>21</b>
7.1	Použitý materiál	21
7.2	Parametry použitých textilií	22
7.3	Postup měření	23
7.4	Popis přístroje pro měření tření délkových textilií	24
<b>8</b>	<b>Výsledky měření</b>	<b>25</b>
8.1	SANTOS třený z lící strany ve směru útku	27
8.2	SANTOS třený z lící strany ve směru osnovy	29
8.3	SANTOS třený z rubní strany ve směru útku	31
8.4	SANTOS třený z lící strany o čtyři typy materiálu	33
8.5	SANTOS třený z rubní strany o dva typy materiálu	36
8.6	NESTOR třený ve směru útku o dva typy materiálu	38
8.7	NESTOR třený ve směru osnovy o dva typy materiálu	40
8.8	NESTOR třený ve směru diagonály o dva typy materiálu	42
8.9	NESTOR třený z lící strany ve směru osnovy o dva typy materiálu	44
8.10	MEXIKO třené z lící strany ve směru osnovy o čtyři typy materiálu	46

8.11 MEXIKO třené z lící strany ve směru diagonály o dva typy materiálu	49
8.12 MEXIKO třené z rubní strany ve směru osnovy o dva typy materiálu	51
8.13 PAD síť třená o čtyři typy materiálu	53
8.14 SANTOS z lící strany třený o tři typy materiálu po dráze 0,2 mm.sec <sup>-1</sup>	56
8.15 PAD síť třená o tři typy materiálu po dráze 0,2 mm.sec <sup>-1</sup>	58
8.16 NESTOR a PAD síť třené o tři typy materiálu po dráze 8 mm.sec <sup>-1</sup>	60
<b>9 Závěr</b>	<b>62</b>
<b>10 Literatura</b>	<b>63</b>



# 1 Symboly

Název	Symbol	Jednotka
Součinitel smykového tření	$f$	-
Síla	$F$	N
Třecí síla	$F_T$	N
Kolmá tlaková síla mezi tělesy	$F_N$	N
Rychlost	$v$	m. s
Rameno valivého odporu	$\zeta$	m
Poloměr průřezu tělesa	$R$	-
Plocha	$S$	$m^2$
Úhel alfa	$\alpha$	$^\circ$
Součinitel klidového tření	$f_0$	-
Napětí	$\sigma$	Pa

## 2 Úvod

Textilie je velmi komplikovaný systém s určitou vnitřní strukturou, od níž můžeme odvodit její chování a vlastnosti.

Tření provází veškeré vzájemné působení všech těles v přírodě, která přijdou spolu do kontaktu. Tření je neoddělitelnou součástí našeho života, protože doprovází jak relativní klid, tak i pohyb těles, tedy i lidského těla. Jeho projevem je síla, jež působí v opačném smyslu akční posuvné síly a způsobuje odpor vůči pohybu.

Tření ve své podstatě ovlivňuje život lidstva v negativním i pozitivním smyslu. Za negativum tohoto jevu lze jistě považovat například brzdění pohybu tělesa, protože jeho síla působí proti směru pohybu daného tělesa. Tento jev například snižuje účinnost veškerých strojů, které část své práce spotřebují právě při překonávání této síly. Problém tření je však i ve vzniku tepla, které při tomto jevu vzniká.

Vznik tepla při tření také nebyl vždy jen na obtíž. V dávné minulosti bylo jediným způsobem, jak rozdělat oheň, a i dnešní škrtnutí zápalky o drsný povrch vlastně vyvolá takové teplo, že se vznítí chemická látka obsažená v hlavičce zápalky.

Tření v textilním průmyslu zaujímá důležitou roli. Bez tření by vlákna obsažená v přízi, ani samotná textilie, nedržela pohromadě a nebylo by možné je dále zpracovávat.

V první části bakalářské práce nastíníme čtenáři samotnou historii tření a její slavné zakladatele. Dále se budeme zabývat variantami tření, vzorci a také zákony, kterými se tření definuje. Zdůrazníme důležitost tření v oblasti textilního průmyslu, poukážeme na změny chování textilií, které mohou při měření třecí síly vznikat.

V druhé, experimentální, části se budeme zabývat třením textilních vzorků o netextilní materiály a zaměříme se na závislost koeficientu tření na normálové zatížení. Od popisu použitého materiálu se přeneseme k postupu měření a v poslední řadě také ke schématu samotného přístroje, který jsme použili pro měření. Dále se budeme zabývat vyhodnocením grafů, které jsme získali z hodnot naměřených na dynamometru INSTRON 4411.

### 3 Historie tření

Tření je jedním z nejstarších jevů pozorovaných člověkem. Již před 500 000 lety využil prehistorický člověk tepla, vznikajícího třením dřev, k rozdělání ohně. Lidé v nejstarších dobách hledali způsob, jak zmenšit námahu potřebnou k tažení nebo smykání předmětů. Povšimli si toho, že po dešti mokřý povrch poskytoval možnost vynakládat menší sílu.

S vynálezem kola lidé zmenšili tření mezi taženým předmětem a povrchem země, ale vznikl problém, jak odstranit čepové tření mezi kolem a hřídelí. Použili k tomu živočišného tuku. Nejstarší doklad takového počínání je z roku 1400 před naším letopočtem. Stopa tuku byla nalezena na hřídeli kola dřevěného vozíku v egyptské hrobce.

Problematika tření má dlouhodobou tradici. Již ve středověku vynikali první teorie tření. Patří k nim především práce Leonarda da Vinci (\*1452 – †1519) (Obr. 3.1), který podle vlastních experimentů dospěl k následujícím poznatkům:

- velikost třecí síly je úměrná kolmému zatížení a nezávisí na velikostech těles
- součinitel smykového tření pro všechny kovy je stejný a dosahuje 0,25

V roce 1699 byly tyto teorie znovu objeveny francouzským vědcem Guillaumem Amontonsem (\*1663 – †1705) a téměř po 100 letech (v roce 1788) byly ověřeny a doloženy Charlesem Augustinem de Coulombem (\*1736 – †1806).

Amontons prezentoval dva základní postuláty povrchového tření:

- a) síla  $F_T [N]$  působí proti směru pohybu tělesa po podložce
- b) síla  $F_T [N]$  je úměrná normálové síle  $F_N [N]$

$$F_T = f * F_N \Rightarrow f = \frac{F_T}{F_N}$$

Kde  $f$  – je koeficient tření v poměru dvou sil.

Charles A. de Coloumb (Obr. 3.2) přitom kladl důraz na fakt, že síla vyvolávající počátek smykání, tj. statické tření, je zpravidla větší než síla tento pohyb udržující, tj. kinematické tření. V ideálním případě je kinematické tření nezávislé na rychlosti pohybu.

V roce 1729 Desagulier publikuje práci, ve které vysvětluje tření podle molekulárních vazeb. V průběhu dalších 200 let se tyto teorie vyvíjejí a navzájem ovlivňují. Hlavně zásluhou badatelů jako byl Hardy, Tomlison, Ten Boch, Göttner, Prandtl a další. Ve 40. a 50. letech dvacátého století se tyto práce, na základě rozsáhlých experimentálních prací, sjednotily. Současný stav poznatků dospěl do stádia, kdy je uznávána dvojí mechanicko-molekulárně-adhezní podstata tření.

Zásluhu na tom měli badatelé Ernst, Merhart, Kragelsky, Bowden a Tabor. Nejmladší teorií v této oblasti je energetická analýza tření, kterou reprezentuje práce Kuzněcova, Daviese, Troska, Kosteckého a Fleischera. [2]



*Obr. 3.1 Leonardo da Vinci*



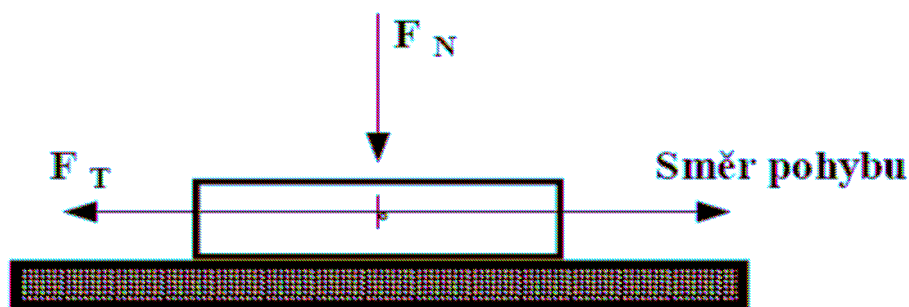
*Obr. 3.2 Charles-Augustin de Coulomb*

## 4 Definice a podstata mechanismu tření

Tření je jev, který vzniká při pohybu tělesa v těsném kontaktu s jiným tělesem. Většinou je třením míněno tření mezi pevnými tělesy.

Při každém tření existuje třecí síla, která působí vždy proti pohybu tělesa (příp. proti změně klidového stavu u klidového tření).

Podstatou mechanismu tření je tedy, že při pohybu tělesa po podložce dochází na stykové ploše tělesa a podložky k vzájemnému silovému působení. Na pohybující se těleso působí podložka silou proti směru jeho pohybu [3], pro kterou platí  $F_T = f \cdot F_N$ , kde  $F_N$  [N] je normálová složka síly, kterou působí těleso na podložku,  $f$  je součinitel smykového tření,  $F_T$  [N] je třecí síla (obr. 4).



Obr 4. Tření tělesa po podložce

Legenda:  $F_T$  [N] – třecí síla,  $F_N$  [N] – normálová síla

Vedle pojmu tření je definován pojem opotřebení, který vyjadřuje progresivní ztrátu materiálu při pohybu jednoho tělesa po druhém.

Prostředkem ke snížení třecího odporu je lubrikace. Použitím mazadel (lubrikantů) se snižuje koeficient tření a opotřebení.

### 4.1 Základní složky ovlivňující tření

- tření vzniká mezi tělesy, ve vzájemném kontaktu, vlivem mezimolekulárně-mechanických interakcí
- tření ovlivňují faktory, jako povrch a materiál
- mechanická složka tření se projevuje deformací povrchových nerovností
- při deformaci tuhým povrchem se projevuje tvorba rýh
- jestliže se uvádějí do pohybu dva hladké povrchy, porušují se adhezní síly povrchů
- princip klouzání (lubrikace) spočívá v oddělení třecích povrchů (kapalinné tření)

## 5 Varianty tření

### 5.1 Smykové tření (vlečné tření, kinetické tření)

Je tření, které vzniká mezi tělesy při jejich posuvném pohybu.

Třecí síla  $F_T$  při smykovém tření má velikost:

$$F_t = f F_n,$$

kde  $f$  je součinitel smykového tření,  $F_n$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa).

Smykové tření je pro poměrně velký rozsah rychlostí téměř konstantní. Avšak při uvádění tělesa do pohybu (za jinak stejných podmínek) je tření větší než u tělesa pohybujícího se. Rozlišuje se proto smykové tření klidové (*statické*) a za pohybu (*kinetické*). Stejným způsobem rozlišujeme také součinitele tření na statický  $\mu_0$  a kinematický  $\mu$ . Pro malé rychlosti lze závislost smykového tření na rychlosti zcela zanedbat a v takovém případě hovoříme o tzv. suchém (Coulombově) tření.

Velikost smykového tření za pohybu pro dva dané povrchy je obvykle (není to pravidlem) menší než velikost smykového tření v klidu pro stejné dva povrchy, tzn.  $\mu < \mu_0$ .

Závislost součinitele smykového tření na rychlosti se projevuje tím, že pokud se začne těleso pohybovat po nakloněné rovině, je zrychlení větší než bychom očekávali pro daný součinitel tření za klidu  $\mu_0$ , neboť uvedením tělesa do pohybu došlo ke snížení hodnoty součinitele tření. Je to způsobeno snižující se adhezi mezi tělesy.

Velikost smykového tření nezávisí na velikosti plochy styku obou těles a je úměrná velikosti normálové síly, přičemž koeficient úměrnosti (tedy součinitel smykového tření) na této normálové síle nezávisí. Toto tvrzení se označuje jako Amontonsův zákon.

### 5.2 Klidové tření (statické tření)

Je tření, vznikající mezi tělesy, která jsou v klidu. Jedná se o speciální případ smykového tření, kdy se tělesa začínají smýkat.

Klidová třecí síla  $F_t [N]$  má velikost:

$$F_t = f_0 F_n,$$

kde  $f_0$  je součinitel klidového tření,  $F_n [N]$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa)

Klidové tření bývá větší než smykové tření mezi stejnými tělesy

### 5.3 Valivý odpor (valivé tření)

Je druh tření, které vzniká mezi tělesem kruhového průřezu při jeho valivém pohybu a podložkou.

Velikost valivého odporu  $F_t [N]$  má velikost:

$$F_t = \xi \frac{F_n}{R},$$

kde  $\xi$  (ksí) je rameno valivého odporu,  $F_n [N]$  je kolmá tlaková síla mezi tělesy (např. tíha tělesa),  $R$  je poloměr průřezu tělesa

Valivý odpor je pro stejnou přitlačnou sílu  $F_n [N]$  výrazně menší než smykové tření.

### 5.4 Vnitřní tření

Je tření vznikající uvnitř textilií kvůli vzájemnému silovému působení mezi částicemi při proudění.

Tekutina s větším vnitřním třením *teče pomaleji*. Na tělesa pohybující se v tekutině s větším vnitřním třením působí větší odporová síla.

Skutečné kapaliny se od ideální kapaliny liší tím, že u nich při proudění dochází k přeměně části kinetické energie jednotlivých částic kapaliny v tepelnou energii. Dochází tedy k přeměně kinetické energie usměřovaného pohybu v kinetickou energii neusměřovaného pohybu. Kapaliny s vnitřním třením se označují jako viskózní (vazké).

Název vnitřní tření vychází ze skutečnosti, že tento jev je podobný tření při pohybu tuhých těles. U viskózních kapalin však k tomuto tření dochází uvnitř kapalin a nikoli na povrchu.

Vnitřní tření se vyskytuje nejen v tekutinách, ale také v pevných látkách, kde způsobuje např. změnu elastických vlastností látky. Např. vnitřní tření v pružině, na kterou nepůsobí žádný odpor prostředí (měla by tedy kmitat netlumeně), způsobí útlum a postupné zastavení jejích kmitů. Vnitřní tření je významné i při deformaci textilií. [7]

## 5.5 Stick-slip efekt

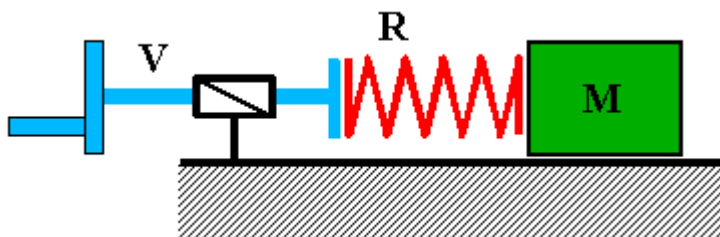
Jedná se o jev samovolného trhavého pohybu. Může se vyskytovat v případě, kdy dva předměty klouzajíc navzájem přes sebe.

### Příčina

Stick-slip efekt je způsoben vzájemným třením mezi dvěma povrchy různého charakteru. Materiály, které se o sebe třou se nejprve na sebe přilepí a následně uklouznou, přitom dojde ke změně třecí síly.

Typické pro stick-slip efekt je, že součinitel statického tření mezi dvěma povrchy je větší než součinitel vlečného tření. Jestliže aplikovaná síla je dostatečně velká k tomu, aby překonala statické tření, pak se zmenší statické tření oproti vlečnému tření. Změna velikosti tření způsobit náhlý skok v rychlosti pohybu.

Přiložený obrázek ukazuje na typický příklad Stick-slip efektu nebo-li můžeme říci přilepení a uklouznutí (obr. 5.5.1).



Obr. 5.5.1 Nákres Stick-slip efektu

Legenda: „V“ je hnací systém, „R“ je pružnost v systému, a „M“ je břemeno, které leží na podložce a je tlačeno ve vodorovném směru.

Když začne pracovat hnací systém, pak pružina „R“ je připravena vynaložit sílu k posuvu břemene „M“, pak součinitel tření mezi břemenem „M“ a podložkou není dost velký k tomu, aby pružina „R“ udržela břemeno „M“. Břemeno „M“ začne klouzat a součinitel tření se změní, sníží se statická hodnota oproti dynamické hodnotě. V tomto případě se břemeno „M“ zastaví. Hnací systém nicméně pokračuje a celý proces se opakuje znovu.



### Příklady

Příklad Stick-slip efektu můžeme vidět třeba v hudbě, která vychází z houslí nebo také hluk z brzd osobního automobilu.

Další příklad stick-slip efektu nastane v případě hraní si s bankovkami, nebo třením mokrého prstu o lem křišťálové vinné sklenice.

Seismické chyby (zemětřesení), si také můžeme vysvětlovat jako stick-slip efekt. Modely se zemětřesením jsou vygenerovány v periodách rychlého uklouznutí. [8]

## 5.6 Tečné a normálové napětí

Působí-li síla kolmo na plochu  $S$ , jedná se o tahové (tlakové) působení, a takové napětí se nazývá normálové napětí. Pokud síla  $F$  působí ve směru tečny k ploše  $S$ , jde o působení smykové, a napětí se nazývá tečné, tangenciální nebo smykové. Síly odpovídající za dané napětí jsou nazývány stejným způsobem (normálová síla, smyková síla apod.).

V obecném případě může síla  $F$  [N] s plochou  $S$  [m<sup>2</sup>] svírat libovolný úhel  $\alpha$ , což znamená, že napětí  $\sigma$  je vektorová veličina. Takovou sílu můžeme např. rozložit na dvě složky, normálovou (tedy kolmou na plochu  $S$ ) složku  $F_n = F \cos \alpha$  a na tečnou (rovnoběžnou s plochou  $S$ ) složku  $F_t = F \sin \alpha$ .

Pro normálové napětí pak platí

$$\sigma_n = \frac{F_n}{S} = \frac{F}{S} \cos \alpha$$

a pro tečné napětí

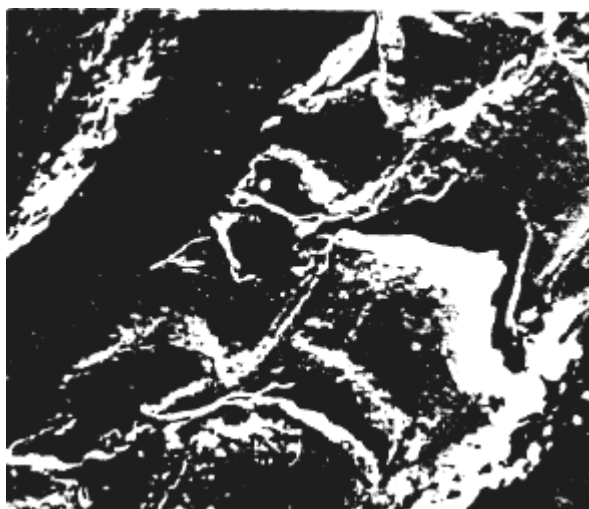
$$\sigma_t = \frac{F_t}{S} = \frac{F}{S} \sin \alpha$$

Pro určení napětí není důležitá plocha, ale její orientace. Napětí na různě orientovaných plochách procházejících daným bodem nabývá v obecném případě různých hodnot. Např. pokud na určité ploše  $p_1$  je (v určitém bodě) hodnota normálového napětí  $\sigma$ , pak vzhledem k ploše  $p_2$  procházející stejným bodem, která je však k ploše  $p_1$  kolmá, je napětí  $\sigma$  napětím smykovým. Úplný popis napětíového stavu kontinua poskytuje tenzor napětí. [9][10]

## 6 Tření v textilu

Tření se uplatňuje i v textilním průmyslu. Součinitel tření je důležitou charakteristikou jak délkových, tak plošných textilií. U délkových textilií hraje tření velkou roli při technologickém zpracování přízí a následném vytváření plošných textilií.

Třecí vlastnosti textilií jsou velmi důležité, jak při výrobě oděvů a textilních produktů, tak i při jejich každodenním používání a nošení. Při tření vláken může docházet k poškození povrchu vlákna a tento jev vede k rychlému opotřebení textilie. Třením se povrch vlákna „zvrásní“ (Obr. 6.1).



*Obr. 6.1 Povrch vlákna po tření*

V dnešní době nejvíce uživatelé zajímá materiálové vlastnosti textilie a vzájemné působení textilií při jejich používání (tření mezi nimi). Pokud jsou materiály nevhodně zkombinované, může docházet k problémům, jako je rychlejší opotřebení látky, nabíjení statickou elektřinou, atd.

Někdy je vysoké tření mezi tkaninami požadováno u potahů sedaček v automobilu, u křesel a všude tam, kde je nutné zabránit nepříjemnému klouzání mezi oděvem a jiným textilním produktem.

Vysoké tření může být také požadováno mezi vrstvami šatů a dekoračních tkanin. Košile a halenky by měly mít vysoké tření proti horní části vnitřní strany kalhot a sukní a předcházet tak vyklouznutí. Vysoké tření je také důležité v procesu šití, aby nedocházelo ke skluzu jednoho dílu přes druhý a předešlo se tak nežádoucího vzhledu hotového výrobku.

Oproti tomu je nízké tření požadováno v následujících případech. U podšívek bund nebo kabátů by měly mít nízké tření a to kvůli menšímu opotřebení. Ponožky a punčochy by měly klouzat kvůli snadnějšímu oblékání. Na druhou stranu, vysoké intervláknové tření snižuje tendenci punčoch pouštět oka.

Textilní materiály jako jsou příze, tkaniny, pleteniny se chovají ještě méně předvídatelněji než kompaktní pevné materiály.

Skutečný kontakt povrchu textilních výrobků (např. po oceli, keramice nebo po jiném textilním materiálu) je uskutečňován na mnoha malých místech kontaktem vláken na povrchu textilie. Když začne působit tangenciální síla, vlákna mohou začít měnit svoji pozici a pohyb těles může začít ještě dříve, než je třecí odpor překonán. Později po změně vzájemné pozice začíná skluz v kontaktních místech, ale ne v jednom okamžiku, ale postupně.

Výzkumy třecích vlastností v oblasti textilu řeší zejména závislost velikosti třecí síly na relativním pohybu vlákenných útvarů (nití) při tkacím procesu. V tomto ohledu nerovnosti a drsnosti povrchů nití hrají nezanedbatelnou roli, neboť při jejich vzájemném stlačení, ke kterému v procesu tkaní neustále dochází, a následnému pohybu po sobě, vzniká odpor vůči vzájemnému smýkání.

Na třecí odpor nemá vliv jen struktura tkaniny, ale také použitá příze. Skutečný celkový kontakt tkanin je také tvořen mnoha vzájemnými kontakty vláken. Během procesu tření jsou vnější plochy vláken deformovány a mění svou geometrii. U tkanin s vlasem je dokonce počáteční skluz tvořen jen přízí. U textilních materiálů dále vstupuje do hry struktura vazby tkanin a pletenin a samozřejmě vliv aviváže a zušlechťovacích prostředků.

[1], [4], [5], [6]

## 7 Experimentální část

Základem plošných textilií jsou nitě. Nítě jsou nositelkami struktury a vlastností výsledného produktu.

Tření nití se uplatňuje při výrobě i používání plošné textilie. U tkanin rozlišujeme dva typy textilních nití a to útkové a osnovní. Osnovní nitě jsou oproti útkovým více namáhány, proto jsou na ně kladeny větší nároky z hlediska mechanických vlastností. Útkové nitě jsou namáhány méně. Tření mezi osnovními a útkovými nitěmi se uplatňuje při přiřazení útku a má vliv na tzv. setkatelnost (schopnost vytvořit tkaninu s určitou maximální dostavou útku).

Na třecí poměry může mít vliv i směr axiálního pohybu nitě, adheze, chlupatost, vnitřní tření při deformaci textilie. Tření nití tudíž významně ovlivňuje technologický proces i vlastnosti výsledné textilie.

V případě experimentu se jednalo o tření o materiály, jako je koženka, podlahová krytina, sklo, překližka a také tření tkaniny o tkaninu.

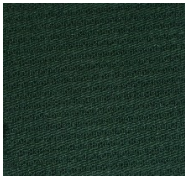


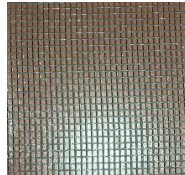
### 7.1 Použitý materiál

Pro experimentální studii bylo použito 8 druhů materiálů, z toho 4 textilní a 4 netextilní. Vzorky o velikosti 50x50 mm, byly použity v šesti variantách a to líc/rub, osnova/útek/diagonála.

Podkladové materiály o velikosti 200x150 mm, byly použity ve dvou variantách a to z lícní a rubové strany. Pro podkladový materiál jsme použili koženku, podlahovou krytinu zvanou Jekor, překližku a sklo.

Specifikace použitých textilních vzorků je uvedena v tabulce 7. 2.

## 7.2 Parametry použitých textilií

Vzorek	Ukázka	Materiál	Do [nití/1cm]	Úd [nití/1cm]	Jemnost [Sex]	Plošná hmotnost [g/m2]	Celková šíře [cm]	Hmotnost saní [g]
A – Santos		100% Ba	27	15	84	405	150	5,7
B – Nestor		100% Ba	26	25	35,5	185	90	6,1
C – Mexiko		100% Ba	23	16	110	500	150	7,8
D – PAD síť		PAD	69	59	–	–	–	5,8

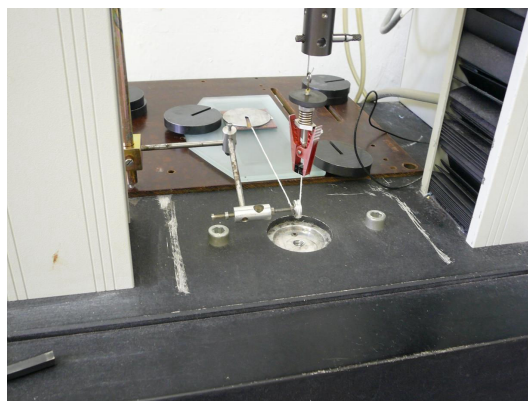
### 7.3 Postup měření

Zkouška tření tkanin byla uskutečněna na dynamometru INSTRON 4411 s použitím programu „cyclic“. Dráha, po které byl vzorek třen byl v intervalu od 0–10–40–0 a následně ve zkráceném intervalu od 0–10–20–0. Snímací hlava měla rozsah 5N, lanko dlouhé cca 21cm, uložení kladky nebylo tuhé (při větších silách byl pozorován pohyb), rychlost byla  $1\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (60 mm/min),  $0,2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (12 mm/min) a  $8\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (480 mm/min).

Vzorky byly zatíženy 5, 15, 35, 75g (tj. přítlak cca 50, 100, 200, 400 a 800 en). Odpovídá to normálovému tlaku cca 20, 40, 80, 160 a 320 kPa (obr. 7.3.1 a obr. 7.3.2).



Obr.7.3.1 INSTRON 4411

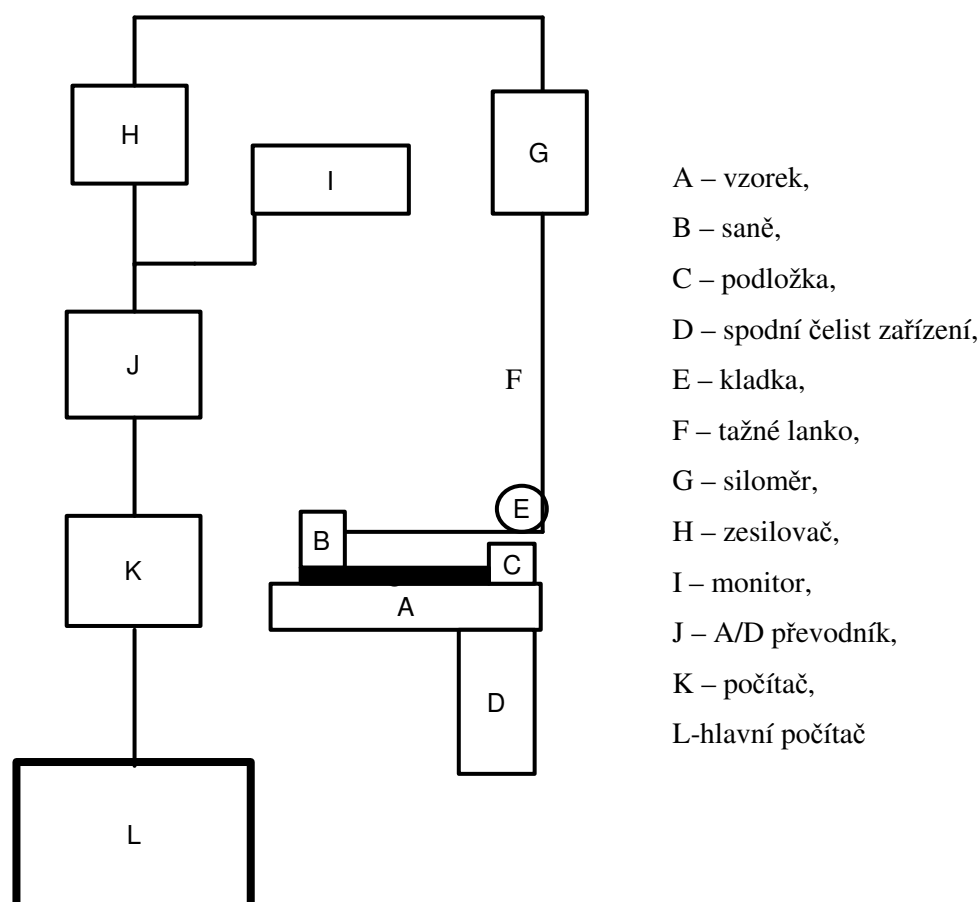


Obr. 7.3.2 měření na Instronu 4411

## 7.4 Popis přístroje pro měření tření délkových textilií

V současnosti se pro měření tření tkanin velmi často využívá upravené zařízení pro měření pevnosti v tahu (dynamometru). Mezi renomované výrobce těchto přístrojů patří firma INSTRON, jejíž zařízení INSTRON 4411 bylo využito i pro tuto bakalářskou práci.

Schéma možné úpravy měřicího zařízení (obr. 7.4.1). Přístroj zaznamenává data proměnlivé tahové síly. Změny v průběhu této tahové síly jsou transformovány na úměrný elektrický signál. Tento signál, přicházející ze siloměru G, je následně zesílen a filtrován ve stejnosměrném zesilovači H a poté převeden na digitální signál pomocí A/D převodníku J. Ostatní součásti zařízení jsou monitor I, podložka C, destička B, na kterou je připevněn vzorek vrchní tkaniny, tažné lanko F a kladka s nízkým třením E.



Obr. 7.4.1 Schéma dynamometru INSTRON 4411

## 8 Výsledky měření

Na začátku prezentace výsledků měření bude vhodné ukázat seznam provedených měření, které byly provedeny. Jak je vidět v seznamu provedených měření, každý graf je značen indexem. Celý název grafu je uveden v kolonce „materiál“. Dále pak se lze z tabulky dozvědět, po jaké dráze a jakou rychlostí byly vzorky třeny.

**Seznam provedených měření**

Index	v [mm.s <sup>-1</sup> ]	Dráha	Materiál
A1-3/1-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru útku třený o lící stranu ve směru útku
A1-4/1-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru osnovy třený o lící stranu ve směru útku
A1-5/1-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru diagonály třený o lící stranu ve směru útku
A1-3/1-4	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru útku třený o lící stranu ve směru osnovy
A1-4/1-4	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru osnovy třený o lící stranu osnovy
A1-5/1-4	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru diagonály třený o lící stranu ve směru osnovy
A1-3/2-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru útku třený o rubní stranu ve směru útku
A1-4/2-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru osnovy třený o rubní stranu ve směru útku
A1-5/2-3	1	0–10–40–0	Santos z lící strany ve směru diagonály třený o rubní stranu ve směru útku
A1/E	1	0–10–40–0	Santos z lící strany třený o koženku
A1/F	1	0–10–40–0	Santos z lící strany třený o překližku
A1/G	1	0–10–40–0	Santos z lící strany třený sklo
A1/H	1	0–10–40–0	Santos z lící strany třený o podlahovou krytinu
A2/E	1	0–10–40–0	Santos z lící strany třený o koženku
A2/F	1	0–10–40–0	Santos z rubní strany třený překližku
B3/E	1	0–10–40–0	Nestor ve směru útku třený o koženku



<b>B3/F</b>	1	0-10-40-0	Nestor ve směru útku třený o překližku
<b>B4/E</b>	1	0-10-40-0	Nestor ve směru osnovy třený o koženku
<b>B4/F</b>	1	0-10-40-0	Nestor ve směru osnovy třený o překližku
<b>B5/E</b>	1	0-10-40-0	Nestor ve směru diagonály třený o koženku
<b>B5/F</b>	1	0-10-40-0	Nestor ve směru diagonály třený o překližku
<b>B1-4/G</b>	1	0-10-40-0	Nestor z lící strany ve směru osnovy třený o sklo
<b>B1-4/H</b>	1	0-10-40-0	Nestor z lící strany ve směru osnovy třený o Jekor
<b>C1-4/E</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o koženku
<b>C1-4/F</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o překližku
<b>C1-4/G</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o sklo
<b>C1-4/H</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o Jekor
<b>C1-5/E</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru diagonály třený o koženku
<b>C1-5/F</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z lící strany ve směru diagonály třený o překližku
<b>C2-4/E</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z rubní strany ve směru osnovy třený o koženku
<b>C2-4/F</b>	1	0-10-40-0	Mexiko z rubní strany ve směru osnovy třený o překl.
<b>D/E</b>	1	0-10-40-0	PAD síť třená o koženku
<b>D/F</b>	1	0-10-40-0	PAD síť třená o překližku
<b>D/G</b>	1	0-10-40-0	PAD síť třená o sklo
<b>D/H</b>	1	0-10-40-0	PAD síť třená o podlahovou krytinu Jekor
<b>A1/E</b>	0,2	0-10-40-0	Santos z lící strany třený o koženku
<b>A1/F</b>	0,2	0-10-40-0	Santos z lící strany třený o překližku
<b>A1/G</b>	0,2	0-10-40-0	Santos z lící strany třený o sklo
<b>D/E</b>	0,2	0-10-40-0	PAD síť třená o koženku
<b>D/F</b>	0,2	0-10-40-0	PAD síť třená o překližku
<b>D/G</b>	0,2	0-10-40-0	PAD síť třená o sklo
<b>A1/G</b>	8	0-10-20-0	Santos z lící strany třený o sklo
<b>A1/E</b>	8	0-10-20-0	Santos z lící strany třený o koženku
<b>D/H</b>	8	0-10-20-0	PAD síť třená o sklo

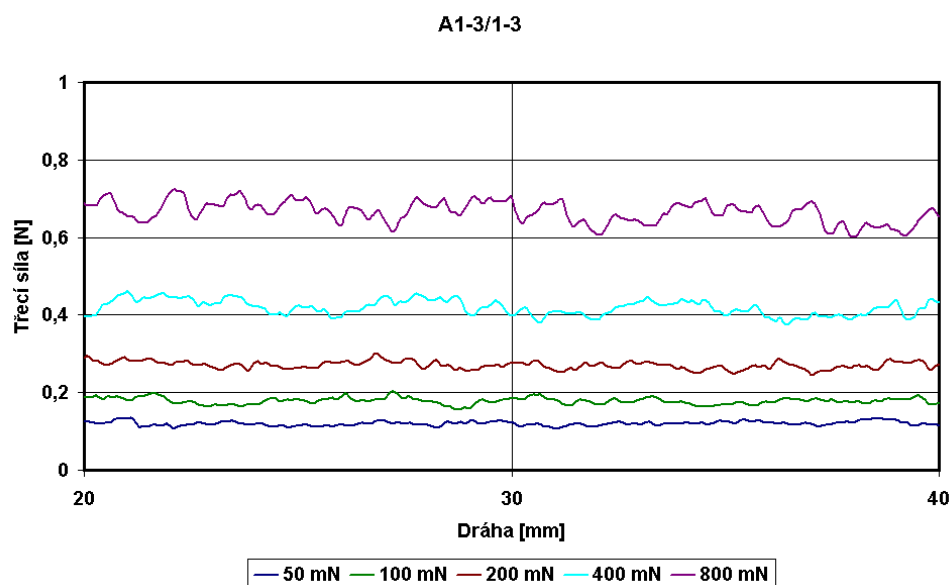
## 8.1 SANTOS třený z lící strany ve směru útku

Mezi první sérii grafů bylo zařazeno tření materiálu SANTOS. Jedná se o bavlněnou tkaninu ve vazebném provedení s názvem štruk.

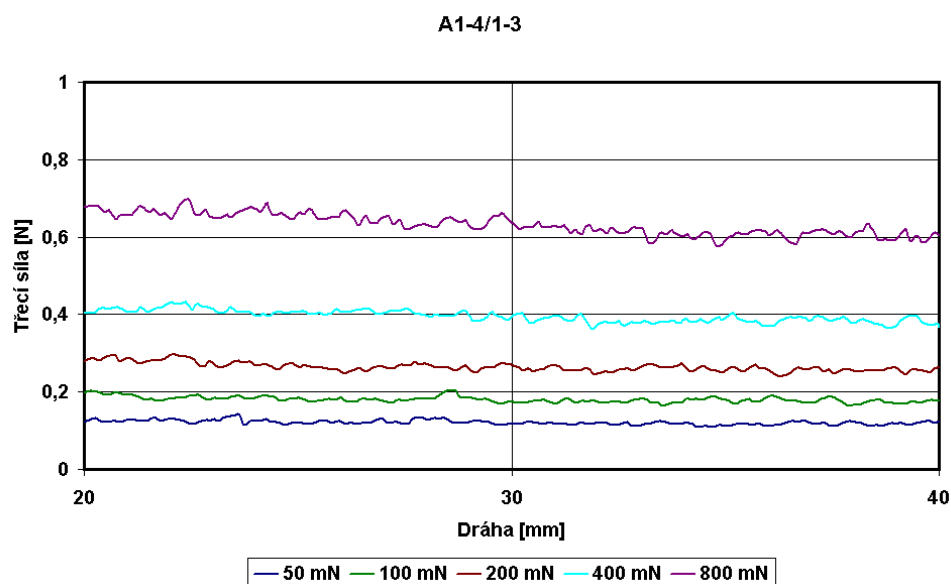
Graf 1. představuje vzorek materiálu Santos třený lící stranou ve směru útku o lící stranu podkladového materiálu ve směru útku.

Graf 2. představuje vzorek materiálu Santos třený lící stranou ve směru osnovy o lící stranu podkladového materiálu ve směru útku.

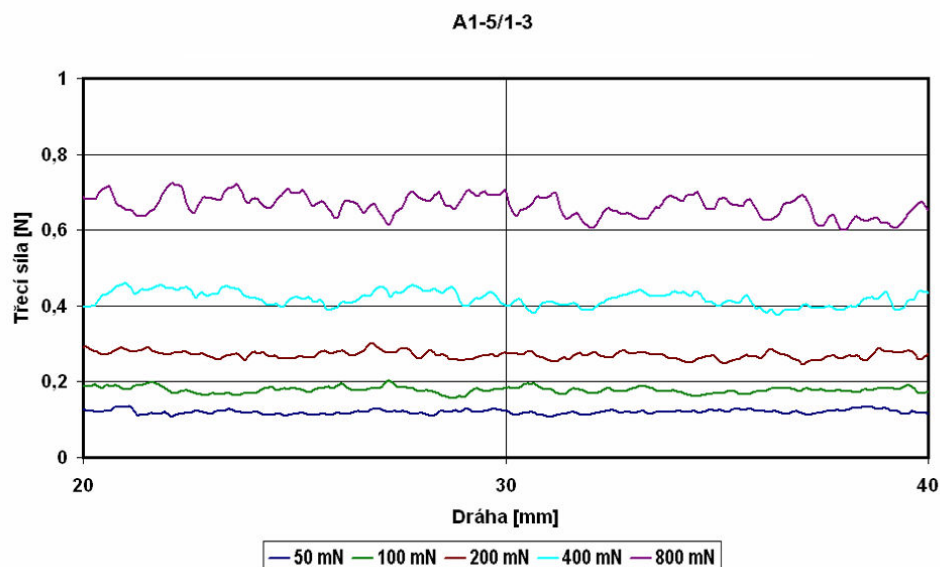
Graf 3. představuje vzorek materiálu třený lící stranou ve směru diagonály o lící stranu podkladového materiálu ve směru útku.



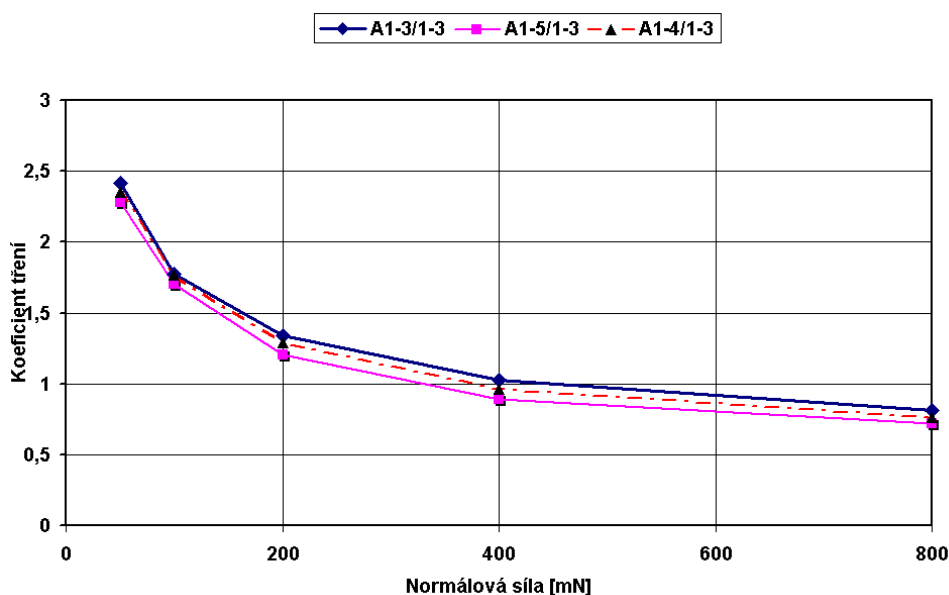
Graf 1. Santos z lící strany ve směru útku třený o lící stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 2. Santos z lící strany ve směru osnovy třený o lící stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 3. Santos z lící strany ve směru diagonály třený o lící stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 4. Závislost koeficientu tření na normálové síle pro materiál SANTOS, získanou z grafů 1,2,3

Vazba tkaniny SANTOS tvoří z lící strany pravidelně se opakující vroubky. Kolísání třecí síly může být tedy způsobeno nerovnostmi povrchu tkaniny. Největší styk obou vzorků lze pozorovat na grafu 1., jelikož vzorky se třou lícími stranami ve směru útku.

Vlivem většího přtlaku normálové síly dochází k zaklesnutí vroubek mezi vzorkem a podkladovou tkaninou.

U grafu závislosti (graf 4.) si lze povšimnout rovnoběžného klesání koeficientu tření u všech třech grafů. Je to dáno tečnou silou, která při tření vzniká, a která není závislá na normálové síle. Dalším faktorem je existující adheze, která vzniká mezi vzorky při vzájemném kontaktu bez většího normálového zatížení. Při minimálním zatížení je koeficient tření největší.

## 8.2 SANTOS třený z lící strany ve směru osnovy

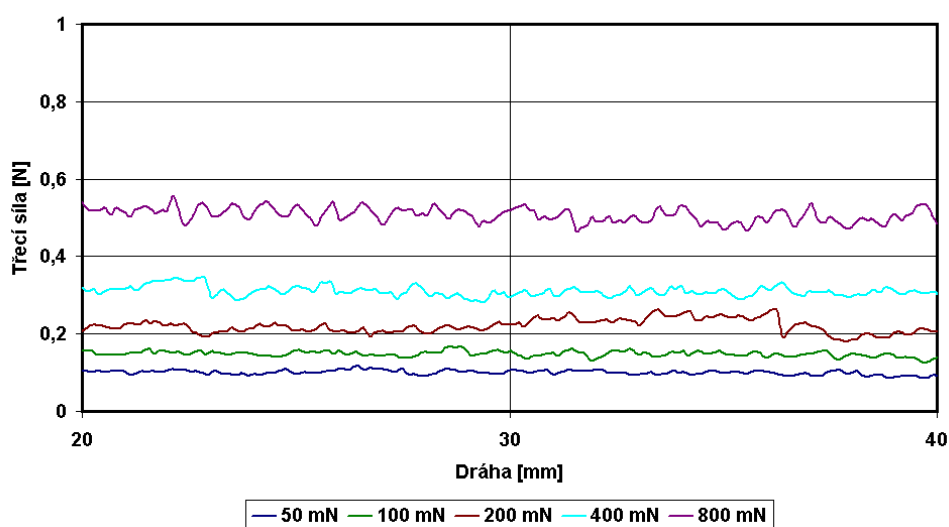
Pro další měření byl opět použit materiál SANTOS.

Graf 5. představuje vzorek materiálu Santos třený lící stranou ve směru útku o lící stranu podkladového materiálu ve směru osnovy.

Graf 6. představuje vzorek materiálu Santos třený z lící strany ve směru osnovy o lící stranu téhož materiálu ve směru osnovy.

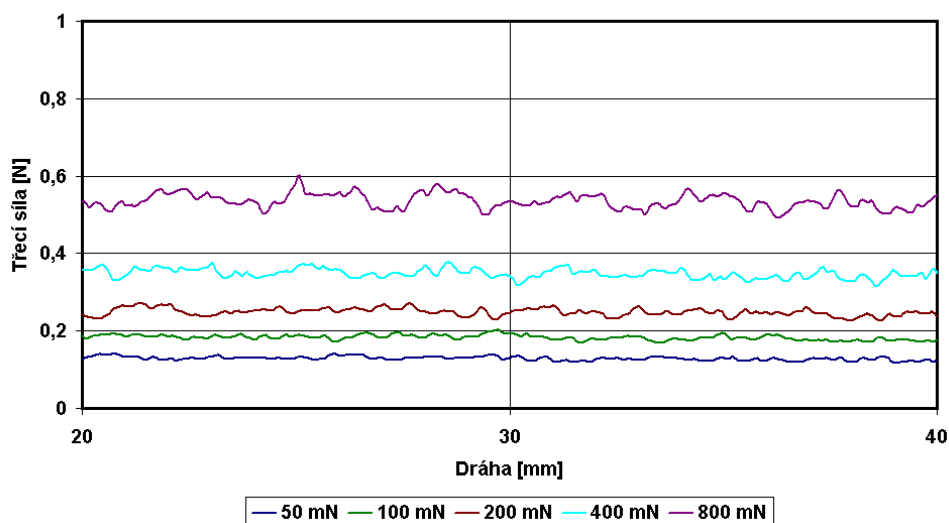
Graf 7. představuje vzorek materiálu Santos třený lící stranou ve směru diagonály o lící stranu podkladového materiálu ve směru osnovy.

A1-3/1-4

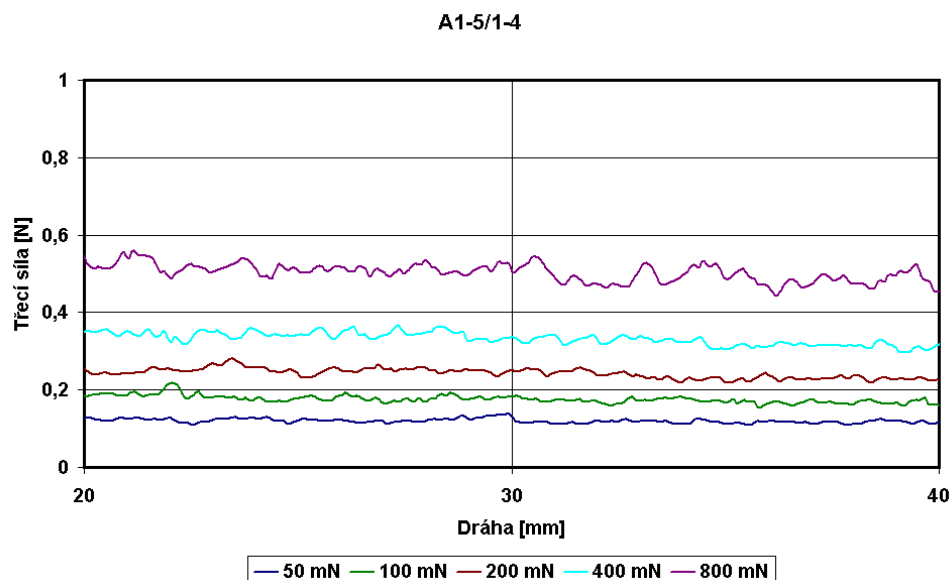


Graf 5. Santos z lící strany ve směru útku třený o lící stranu téhož materiálu ve směru osnovy

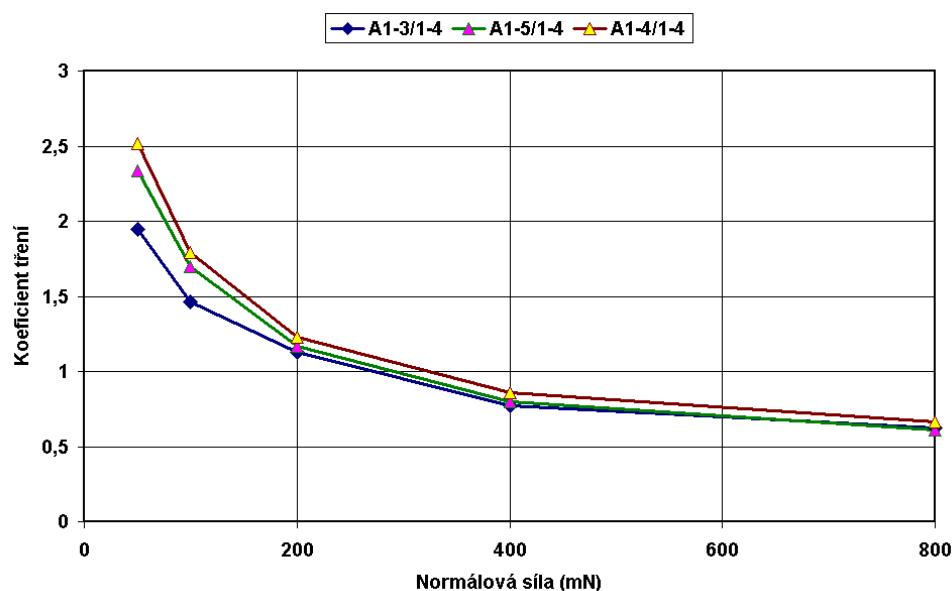
A1-4/1-4



Graf 6. Santos z lící strany ve směru osnovy třený o lící stranu téhož materiálu ve směru osnovy



Graf 7. Santos z lící strany ve směru diagonály třený o lící stranu téhož materiálu ve směru osnovy



Graf 8. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS, získaná z grafů 5,6,7

Výsledky znázorňující tření, při použití materiálu SANTOS třeného z lící strany. Zde dochází k téměř stejnému průběhu třecí síly pro všechny tři směry. Při tření vzniká vnitřní tření, které způsobuje deformaci textilie.

U grafu závislosti (graf 8.) koeficientu tření na normálové síle si můžeme povšimnout různé přilnavosti povrchů všech třech grafů. Vlivem minimálního zatížení roste adheze mezi vzorky, což způsobuje růst koeficientu tření. S přibývajícím zatížením se koeficient tření stává pro všechny směry téměř stejný.

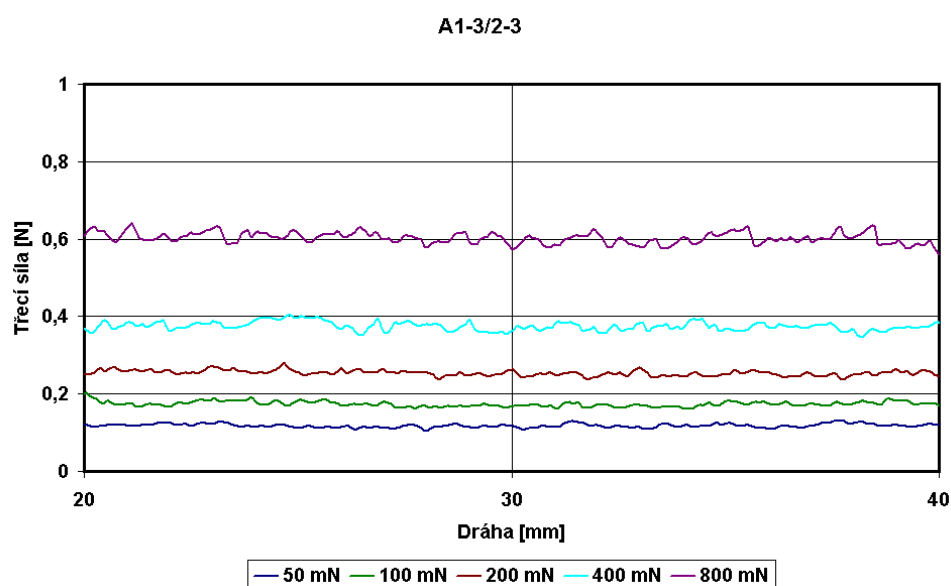
### 8.3 SANTOS třený z rubní strany ve směru útku

Pro další měření byla lícní strana materiálu SANTOS zaměněna za stranu rubní.

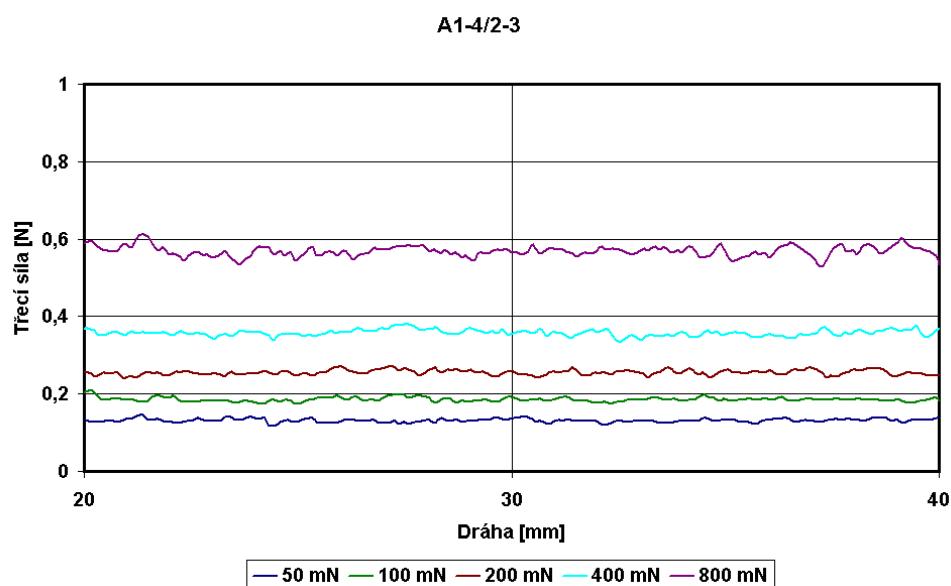
Graf 9. představuje vzorek materiálu Santos třený lícní stranou ve směru útku o rubní stranu téhož podkladového materiálu ve směru útku.

Graf 10. představuje vzorek materiálu Santos třený lícní stranou ve směru osnovy o rubní stranu podkladového materiálu ve směru útku.

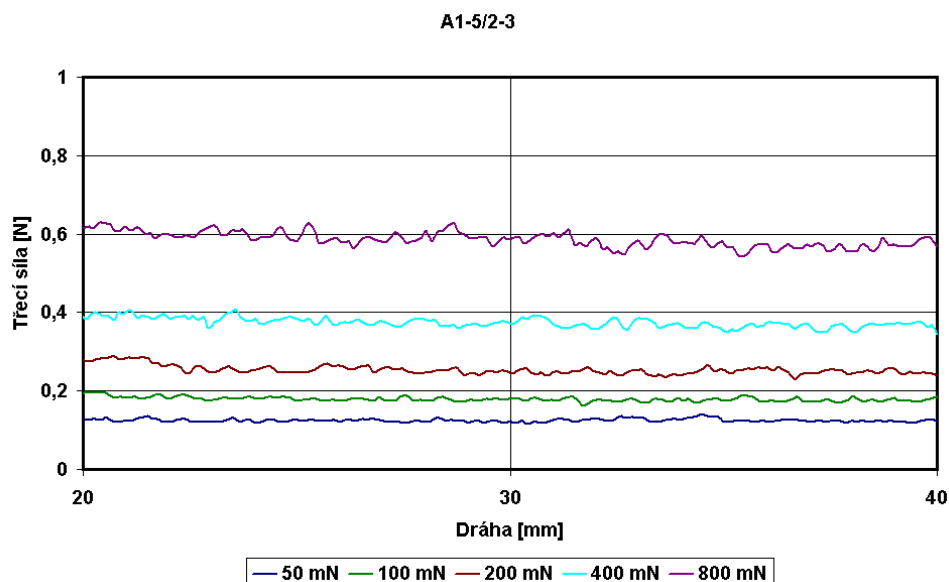
Graf 11. je vzorek materiálu Santos třený lícní stranou ve směru diagonály o rubní stranu podkladového materiálu ve směru útku.



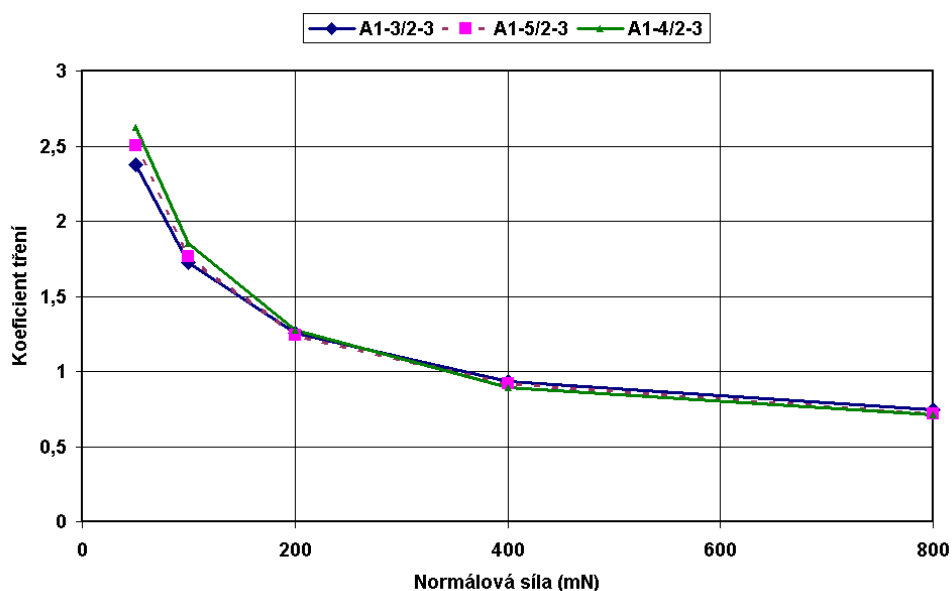
Graf 9. Santos z lícní strany ve směru útku třený o rubní stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 10. Santos z lícní strany ve směru osnovy třený o rubní stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 11. Santos z lící strany ve směru diagonály třený o rubní stranu téhož materiálu ve směru útku



Graf 12. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS, získaná z grafů 9,10,11

Měření se od předešlých lišilo obrácenou stranou podkladového materiálu Santos. V předešlých příkladech byla vždy použita strana lící, zde byla použita strana rubní. Rubní strana má hladký povrch oproti straně lící, která je tvořena vroubkou. Proto lze říci, že ke kontaktu vzorku s podkladovým materiálem docházelo po celé ploše.

U grafu závislosti (graf 12.) je vidět pravidelný pokles koeficientu tření pro všechny tři typy směrů. Lze se domnívat, že zde sehrála velkou roli hladká plocha rubní strany tkaniny.

## 8.4 SANTOS třený z lící strany o čtyři typy materiálu

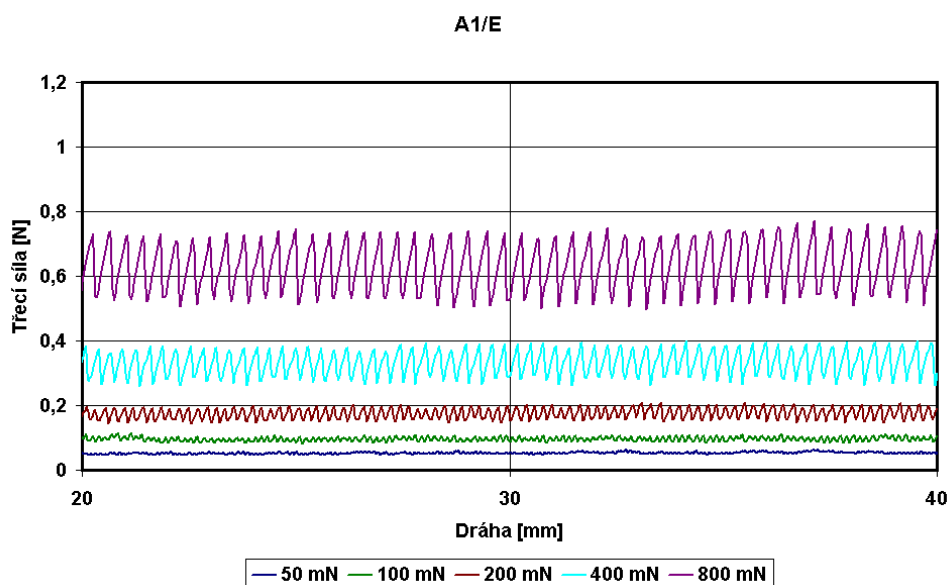
Měření bylo opět prováděno s tkaninou SANTOS. Tkanina byla třena z lící strany po různých druzích podkladových materiálů. Jednalo se o koženku, překližku, sklo a podlahovou krytinu zvanou Jekor.

Graf 13. představuje tření materiálu Santos z lící strany o koženku.

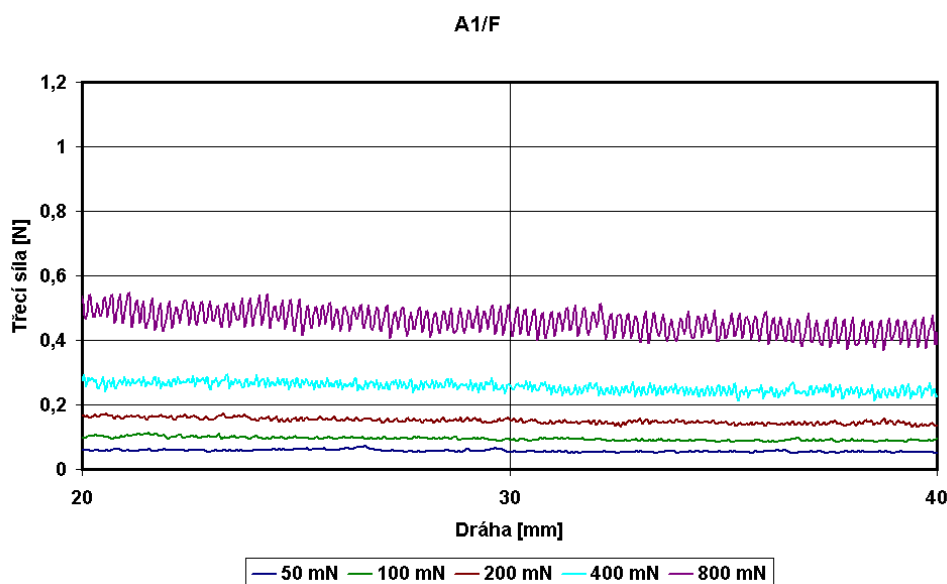
Graf 14. představuje tření vzorku tkaniny Santos z lící strany po překližce.

Graf 15. představuje tření tkaniny Santos z lící strany o sklo.

Graf 16. představuje tření tkaniny Santos z lící strany o podlahovou krytinu Jekor.

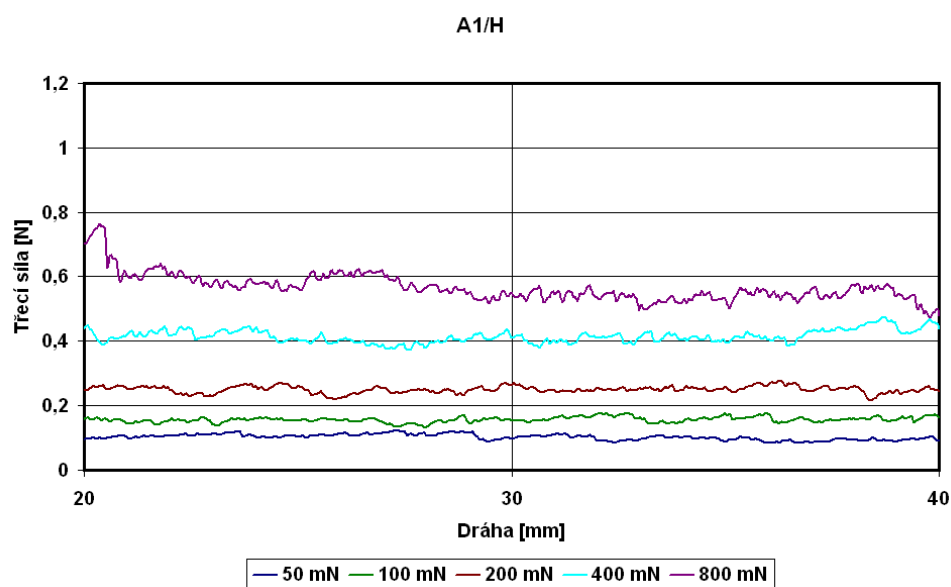
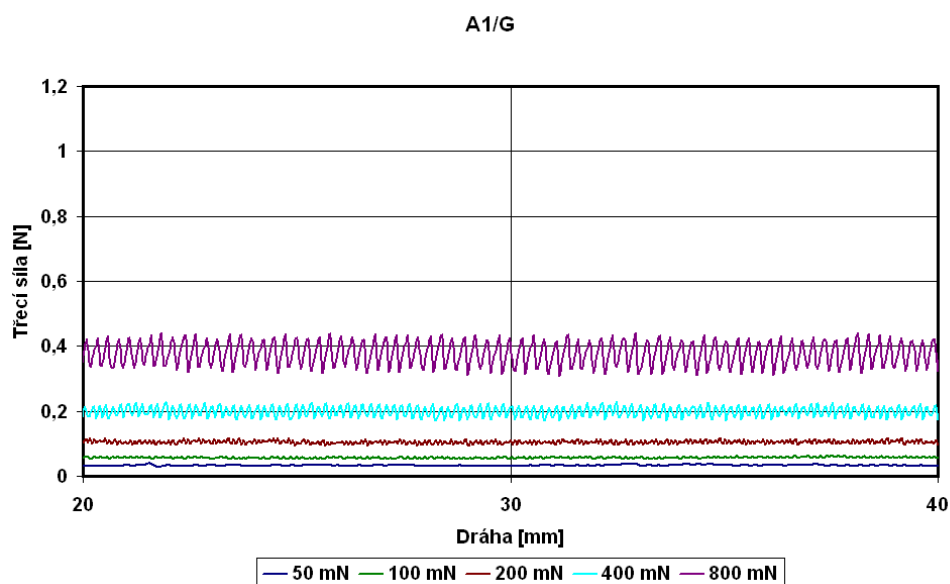


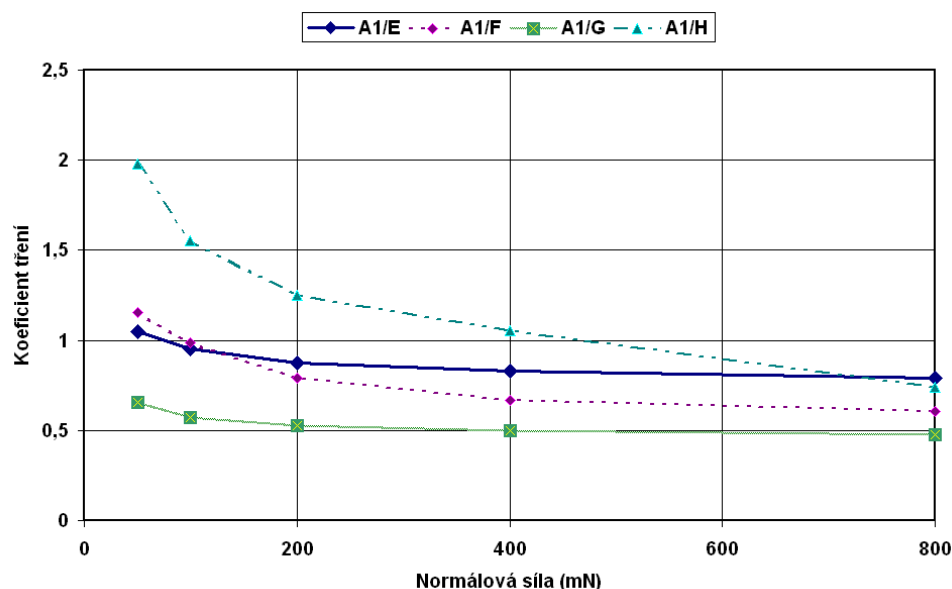
Graf 13. Santos z lící strany třený o koženku



Graf 14. Santos z lící strany třený o překližku







Graf 17. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS, získanou z grafů 13,14,15,16

U grafu 13. dochází k pravidelnému stále se opakujícímu kolísání třecí síly. Jedná se o vzorek materiálu SANTOS z lící strany třený o koženku. Pravidelné kolísání je způsobeno hladkým povrchem podkladového materiálu, a to koženky. Vzorek materiálu po podložce vykonával rovnoměrný pohyb. Křivky se pohybovali ve většině případů ve stejné úrovni. Dochází k pomalému nárůstu třecí síly a rychlému pádu což lze považovat za tzv. Stick-slip efekt.

U grafu 14. a 15. se jedná o vzorek materiálu Santos z lící strany třených o překližku a sklo. Zde dochází k téměř stejnému kolísání třecí síly. Pouze s tím rozdílem, že vzorek třený o překližku vykazuje menší nepravidelnosti, způsobené nerovností povrchu.

U grafu 16. se jedná o vzorek tkaniny Santos z lící strany třený o podlahovou krytinu. Výsledky vykazují výrazné nepravidelné kolísání třecí síly. Příčinou nepravidelného kolísání je chlupatost podkladového materiálu, o který byl vzorek tkaniny třen. Chlupatost materiálu způsobuje zachytávání třeného vzorku, což zapříčiňuje nepravidelný pohyb po dráze.

Na tuhle skutečnost nejlépe poukazuje graf závislosti koeficientu tření. U kterého je vidět, že na křivkách grafu A1/E. a A1/F dochází k poměrně rovnovážné třecí síle mezi vzorkem a podkladovým materiálem.

U křivky grafu A1/H vznikla velmi vysoká přilnavosti, proto koeficient tření dosáhl vysoké hodnoty.

U křivky grafu A1/G se projevuje v celém průběhu tření stejná velikost adheze, koeficient tření se proto vlivem zvyšujícího normálového zatížení výrazně nemění.

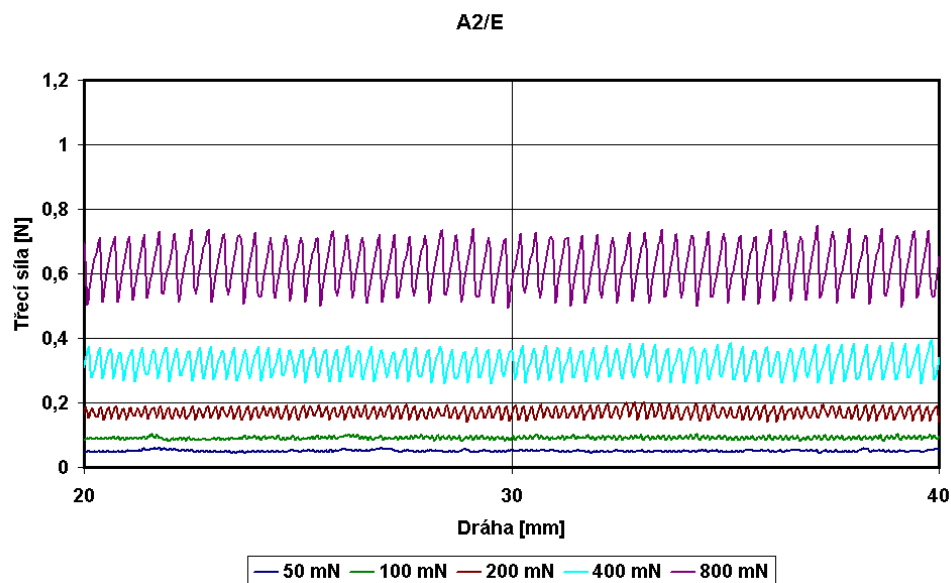
## 8.5 SANTOS třený z rubní strany o dva typy materiálu

Pro další měření třecí síly byla použita rubní strana tkaniny Santos. Byly použity pouze dva typy podkladového materiálu a tím byla koženka a překližka.

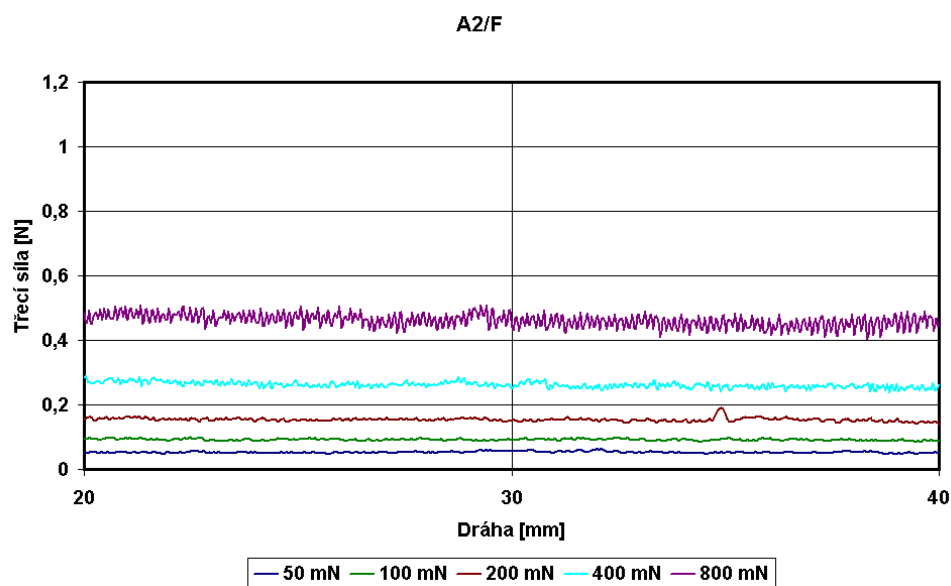
Graf 18. představuje vzorek tkaniny Santos z rubní strany třený o koženku.

Graf 19. představuje vzorek tkaniny Santos z rubní strany třený o překližku.

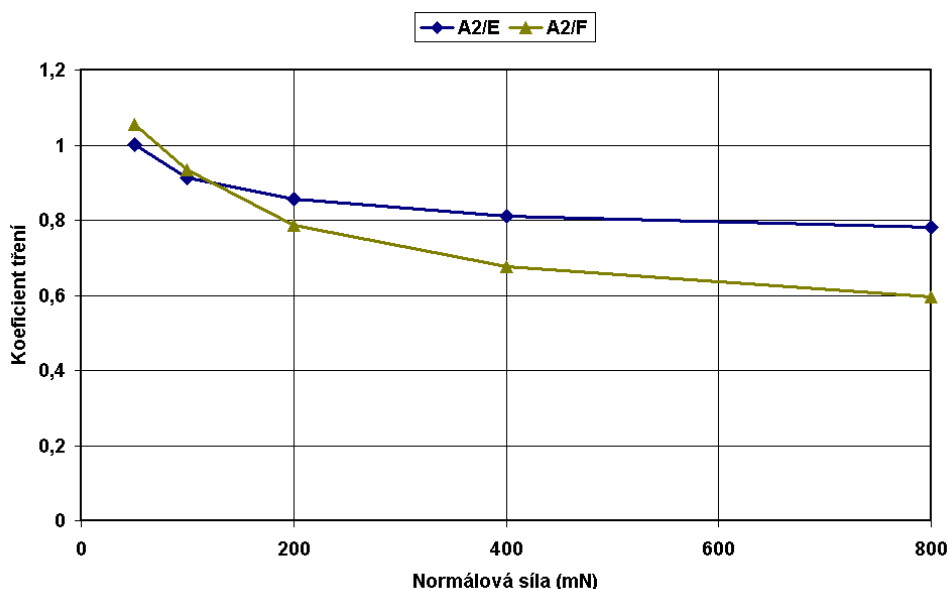
Posledním grafem je závislost koeficientu tření na normálové síle.



Graf 18. Santos z rubní strany třený o koženku



Graf 19. Santos z rubní strany třený o překližku



Graf 20. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS, získaná z grafů 18,19

V téhle kapitole se jedná opět o tření materiálu SANTOS, který je otočen rubní stranou vzhůru.

U grafu 18. se jedná o tření rubní strany materiálu Santos o koženku. Dochází zde k výraznému pravidelnému kolísání třecí síly. Při tření vzniká stick-slip efekt nebo-li tzv. přilepení a uklouznutí. Vzorek materiálu přilne celou svou plochou k povrchu podkladového materiálu, čímž vznikne dobrá přilnavost mezi materiály.

U grafu 19. se jedná o tření materiálu Santos z rubní strany o překližku. Zde dochází vlivem nerovnosti podkladového materiálu k nepravidelnému kolísání třecí síly.

V grafu závislosti (graf 20.) si lze povšimnout téměř stejné velikosti koeficientu tření u obou vzorků. Na křivce grafu A2/E je vidět po zvýšení normálového zatížení, že nedochází k výraznému poklesu koeficientu tření.

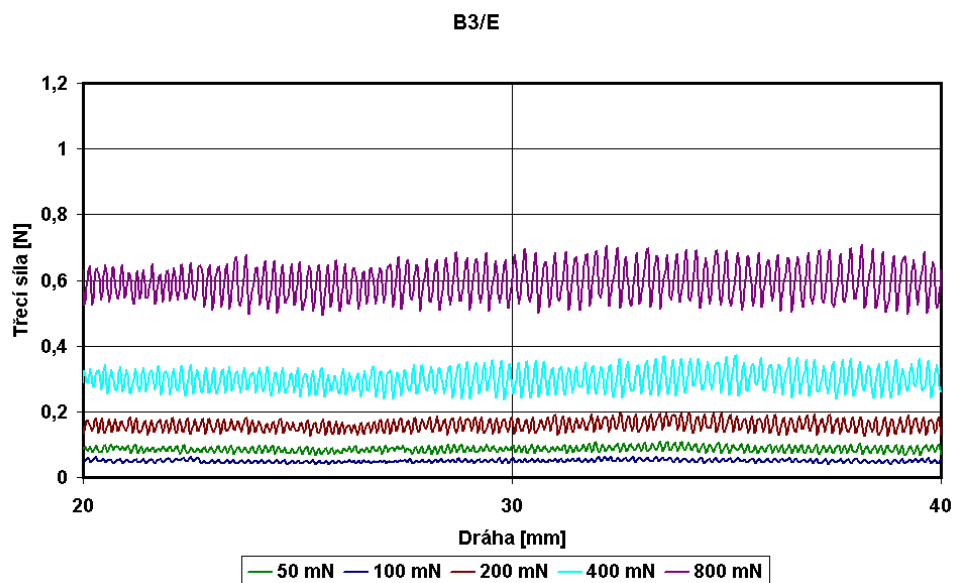
Oproti tomu na křivce grafu A2/F je vidět klesání koeficientu, což je na jednu stranu způsobeno nerovností povrchu překližky a na druhou přtlakem normálové síly (snižování adheze).

## 8.6 NESTOR třený ve směru útku o dva typy materiálu

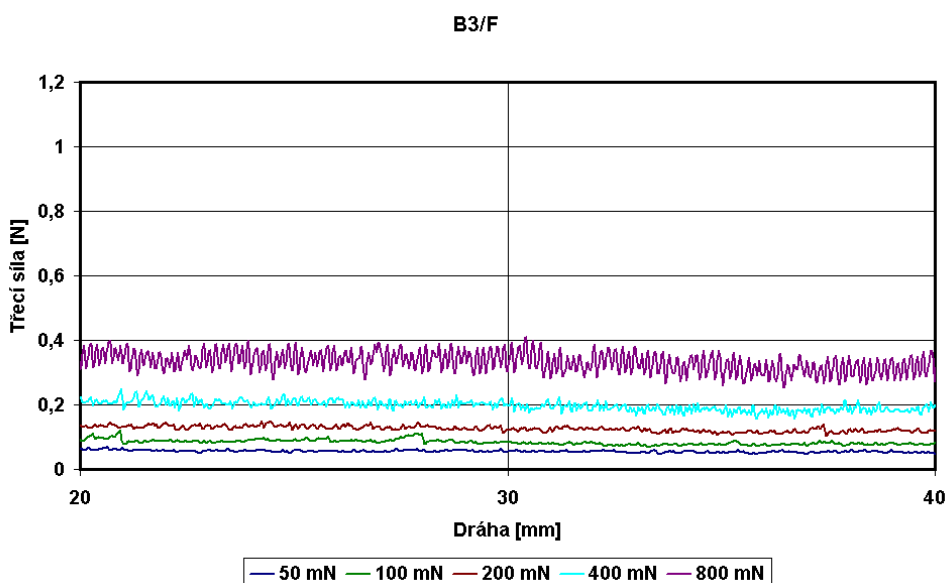
Další materiálem pro měření třecí síly byla tkanina NESTOR. Jedná se o bavlněnou tkaninu v plátňové vazbě. Tkanina byla třena ve směru útku po různých typech materiálů, a to po koženke a překližce.

Graf 21. představuje vzorek materiálu Nestor ve směru útku třený o koženku.

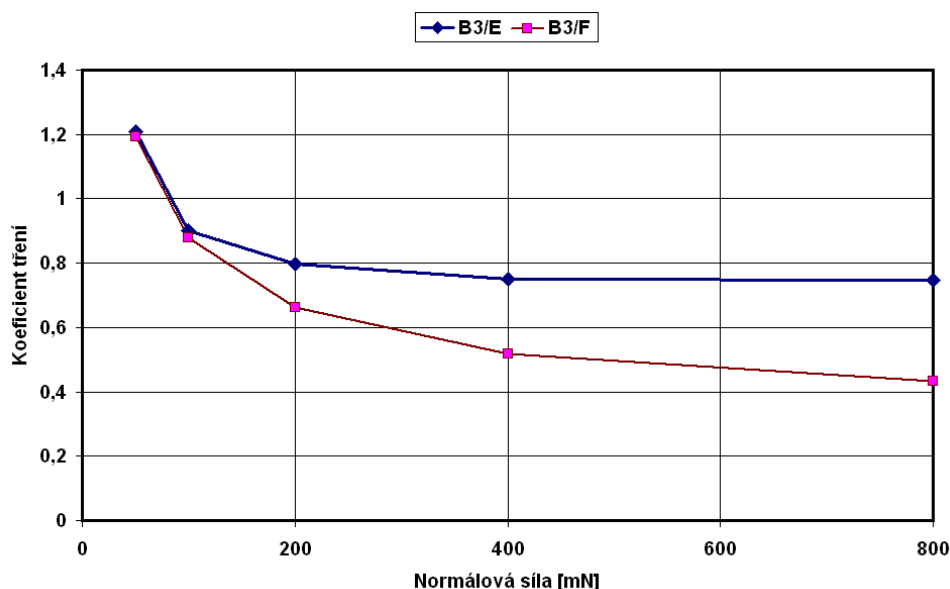
Graf 22. představuje vzorek materiálu Nestor ve směru útku třený o překližku.



*Graf 21. Nestor ve směru útku třený o koženku*



*Graf 22. Nestor ve směru útku třený o překližku*



Graf 23. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu NESTOR, získaná z grafů 21,22

Zde se dostáváme již k dalšímu druhu materiálu a tím je NESTOR. Jedná se o tkaninu v plátnové vazbě.

V grafu 21. se jedná o tření materiálu Nestor ve směru útku o koženku. Z grafu lze zjistit, že průběh třecí síly je pravidelný. Povrch vzorku i podkladového materiálu je v tomto případě hladký, proto se třecí síla pohybuje rovnoměrně.

U grafu 22. se provedlo tření materiálu Nestor ve směru útku o překližku. Zde dochází ke stejnému opakujícímu se kolísání třecí síly. Nepatrné vychýlení křivky je způsobeno nerovností povrchu podkladového materiálu, v tomto případě překližky. Lze se domnívat, že zde vzniká vnitřní tření, které způsobuje deformaci textilie.

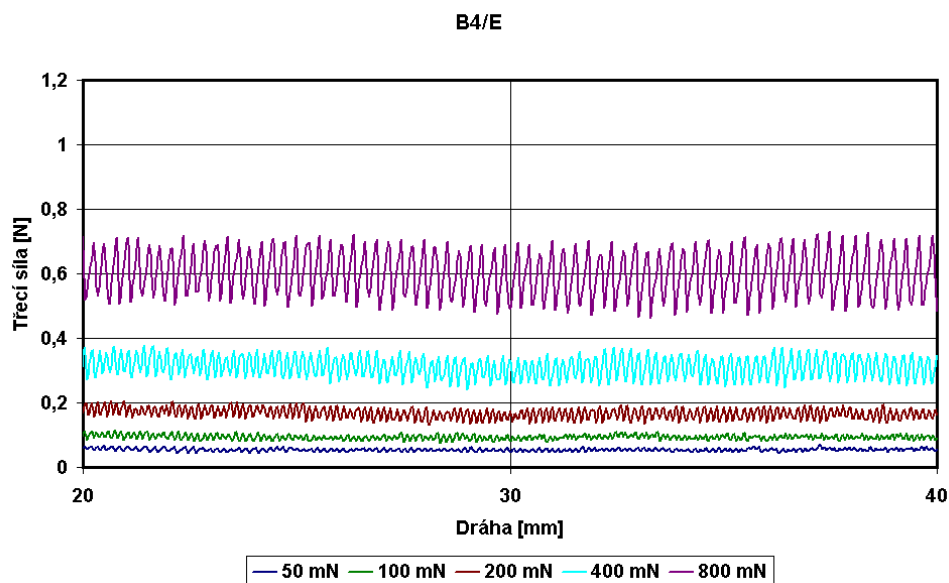
U grafu závislosti (graf 23.) je viditelný vliv normálového zatížení, který má pro oba vzorky různý průběh. Je to způsobeno třením vzorků o dva různé povrchy s rozdílnou velikostí adheze.

## 8.7 NESTOR třený ve směru osnovy o dva typy materiálu

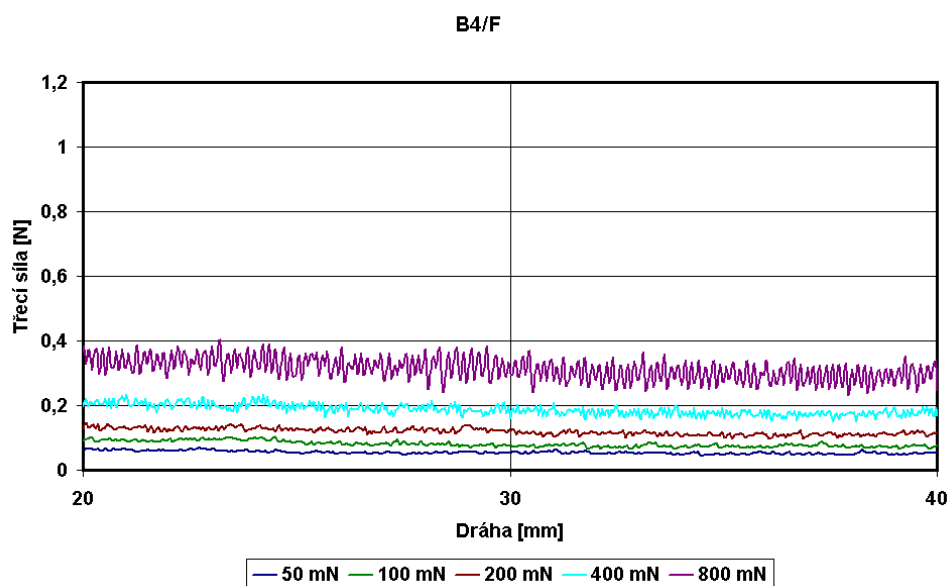
Materiál NESTOR byl třen ve směru osnovy o dva typy podkladového materiálu a to o koženku a překližku.

Graf 24. představuje vzorek materiálu Nestor třený ve směru osnovy o koženku.

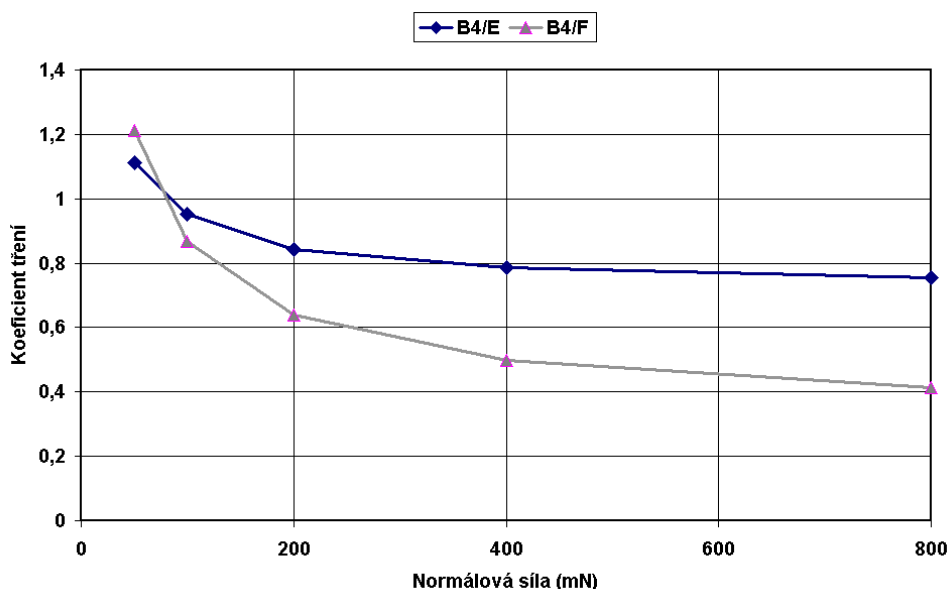
Graf 25. představuje vzorek materiálu Nestor ve směru osnovy třený o překližku.



*Graf 24. Nestor ve směru osnovy třený o koženku*



*Graf 25. Nestor ve směru osnovy třený o překližku*



Graf 26. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu NESTOR, získaná z grafů 24,25

V téhle sérii měření se setkáváme s materiálem NESTOR, který byl třen ve směru osnovy o dva typy netextilních materiálů, a to o koženku a překližku.

U grafu 24. došlo k pravidelnému kolísání třecí síly vlivem adheze. Povrch vzorku tkaniny Nestor i povrch koženky byl hladký bez větších nerovností, proto se přilnavost po celé dráze rovnoměrně rozložila.

U grafu 25. se opět setkáváme s vlivem nerovnosti povrchu překližky, což má za příčinu nepravidelnost kolísání třecí síly. Dochází zde k většímu opotřebení a deformaci textilie vlivem vnitřního tření.

Graf závislosti (graf 26.) znázorňuje kolísání koeficientu tření, který je pro oba grafy různý. Vzorek třený o koženku neztrácí tolik koeficient tření, jako vzorek tření o překližku, což je způsobeno různou přilnavostí vlivem většího zatížení.

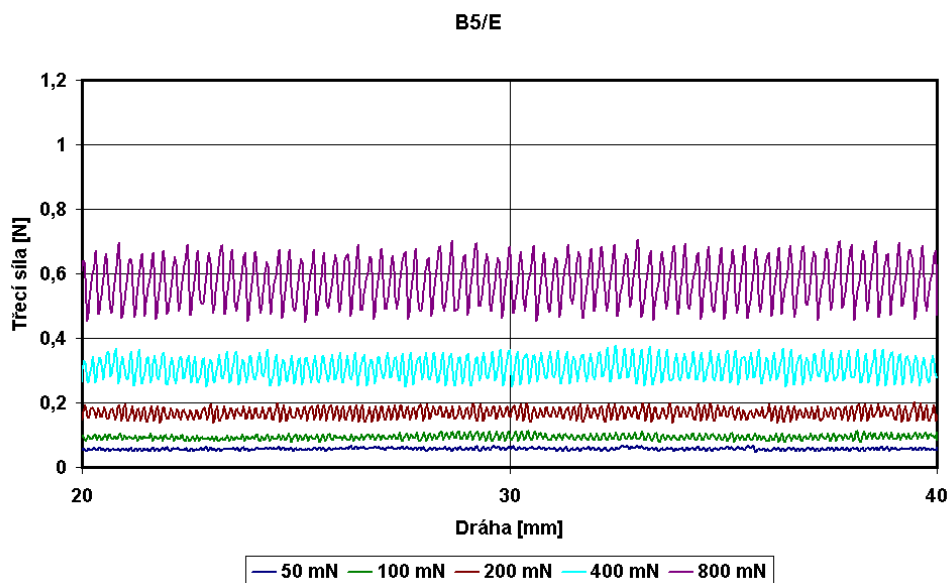


## 8.8 NESTOR třený ve směru diagonály o dva typy materiálu

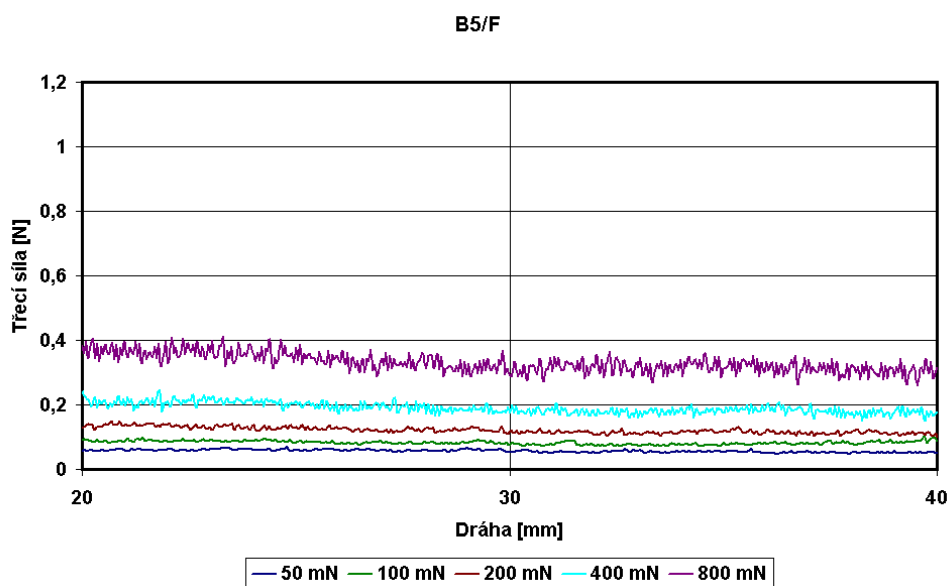
V téhle kategorii měření byl materiál NESTOR pootočen ve směru diagonály a třen o koženku a překližku.

Grafy 27. představuje vzorek materiálu Nestor třený ve směru diagonály o koženku.

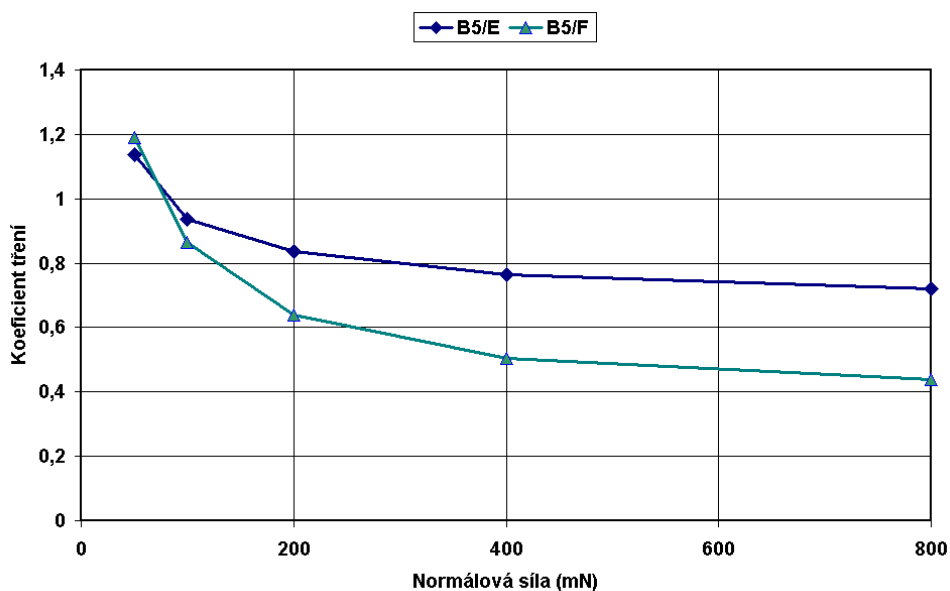
Graf 28. představuje vzorek materiálu Nestor třený ve směru diagonály o překližku.



Graf 27. Nestor ve směru diagonály třený o koženku



Graf 28. Nestor třený ve směru diagonály o překližku



Graf 29. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu NESTOR, získaná z grafů 27,28

Materiál NESTOR ve směru diagonály byl třen o koženku a překližku. Výsledky byly podobné jako u předchozích měření.

U grafu 27. si lze povšimnout pravidelného kolísání třecí síly. Jedná se o vzorek materiálu Nestor ve směru diagonály třený o koženku.

Oproti tomu u grafu 28. je viditelná nepravidelnost kolísání třecí síly, způsobena nerovností povrchu podkladového materiálu a tím byla překližka. Velikost třecí síly se po celou dobu pohybuje kolem hodnoty 0,4 při přitlaku 800 mN.

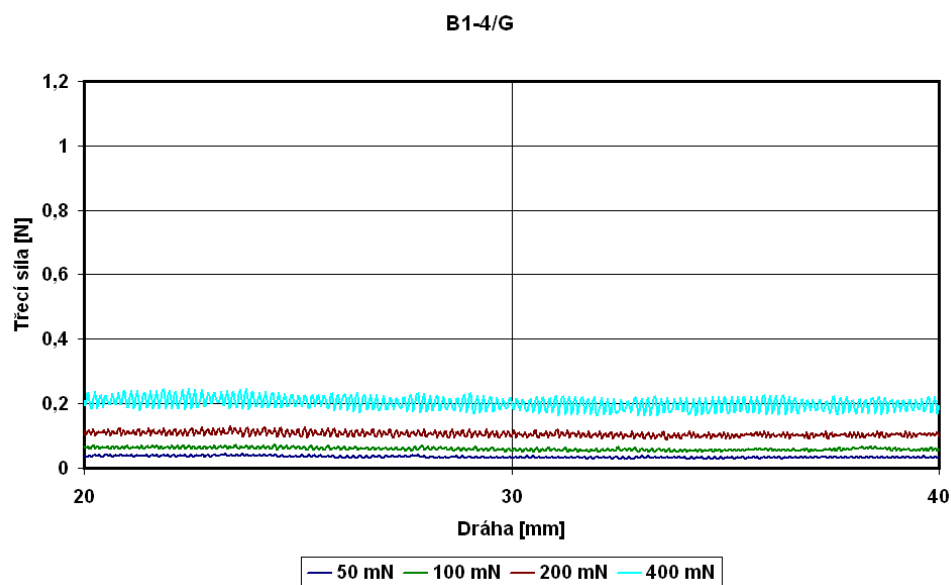
Závislost koeficientu (graf 29.) je podobná, jako u předchozích měření s materiálem NESTOR.

## 8.9 NESTOR třený z lící strany ve směru osnovy o dva typy materiálu

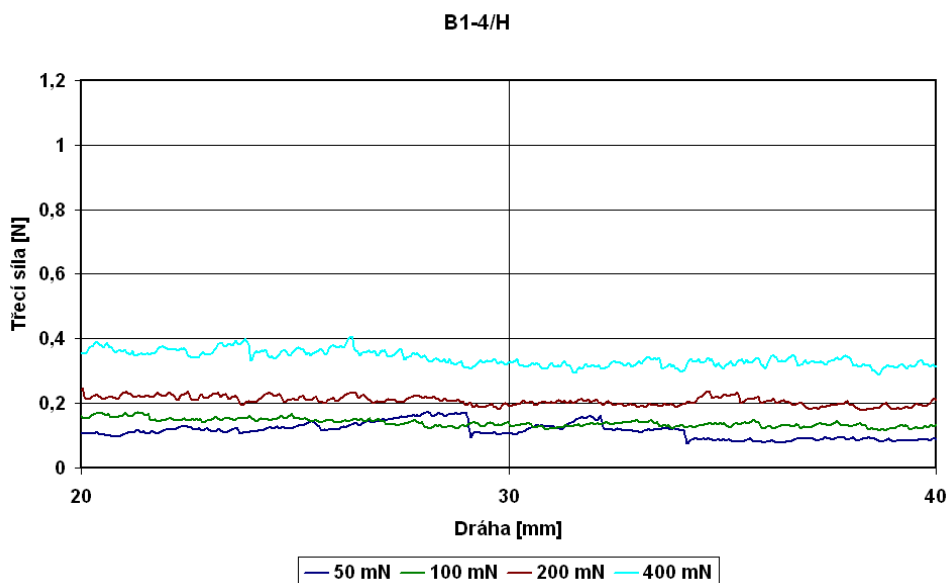
Materiál NESTOR byl třen z lící strany ve směru osnovy o dva typy materiálu, a to o sklo a podlahovou krytinu Jekor.

Graf 30. představuje vzorek materiálu Nestor z lící strany ve směru osnovy třený o sklo.

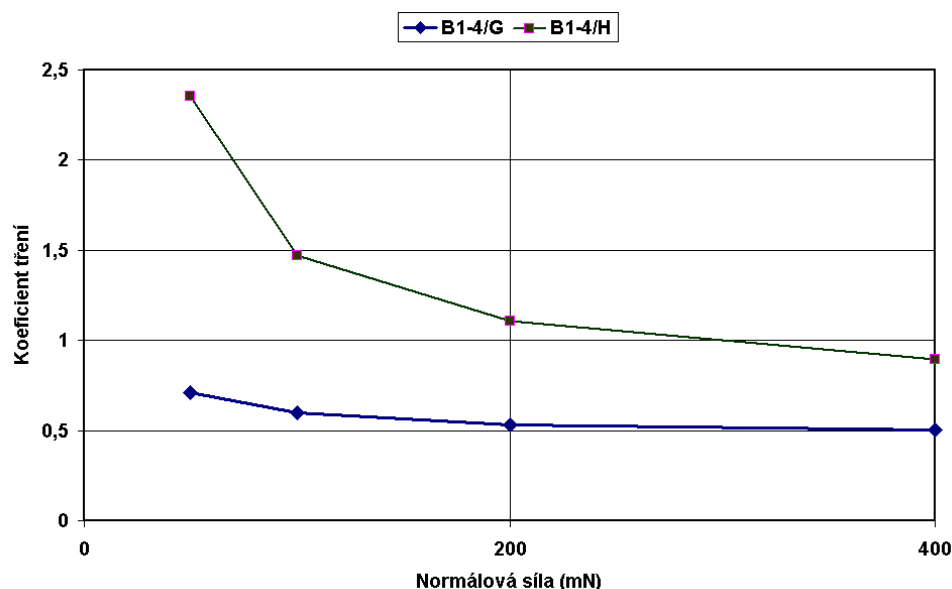
Graf 31. představuje vzorek materiálu Nestor z lící strany ve směru osnovy třený o podlahovou krytinu Jekor.



*Graf 30. Nestor z lící strany ve směru osnovy třený o sklo*



*Graf 31. Nestor třený z lící strany ve směru osnovy o podlahovou krytinu*



Graf 32. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu NESTOR, získanou z grafů 30,31

Zhodnocení materiálu NESTOR třeného z lící strany ve směru osnovy o podlahovou krytinu a sklo.

U grafu 30. čili u vzorku materiálu Nestor z lící strany ve směru osnovy třeného o sklo. Dochází zde k pravidelnému kolísání třecí síly. Povrch skla je hladký, proto se i velikost třecí síly pohybuje okolo hodnoty 0,2 při přtlaku 800 mN.

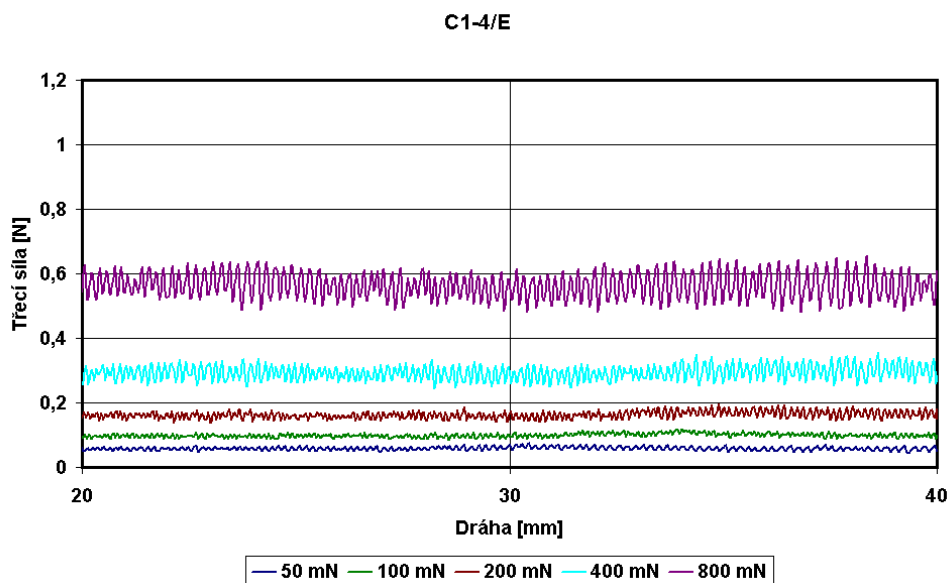
U grafu 31. se jedná o tření vzorku materiálu Nestor z lící strany ve směru osnovy o podlahovou krytinu Jekor. Zde dochází k opravdu nepravidelnému kolísání třecí síly. Nepravidelnost je způsobena chlupatostí podlahové krytiny, o kterou byl vzorek materiálu třen. Nejvíce se chlupatost projevila při zatížení 50 mN.

U grafu závislosti (graf 32.) je vidět velký rozdíl v průběhu zkoušky mezi oběma vzorky. U vzorku třeného o podlahovou krytinu vidíme zvýšení koeficientu tření, způsobenou výraznou chlupatostí. Při minimálním přtlaku roste adheze mezi vzorkem i podkladovým materiálem. Oproti tomu u vzorku třeného o sklo, se koeficient tření vyšplhal pouze k hodnotě 0,2 při přtlaku 800 mN. V tomto případě se adheze skoro vůbec nevyskytuje a nedochází ani k velké deformaci textilie.

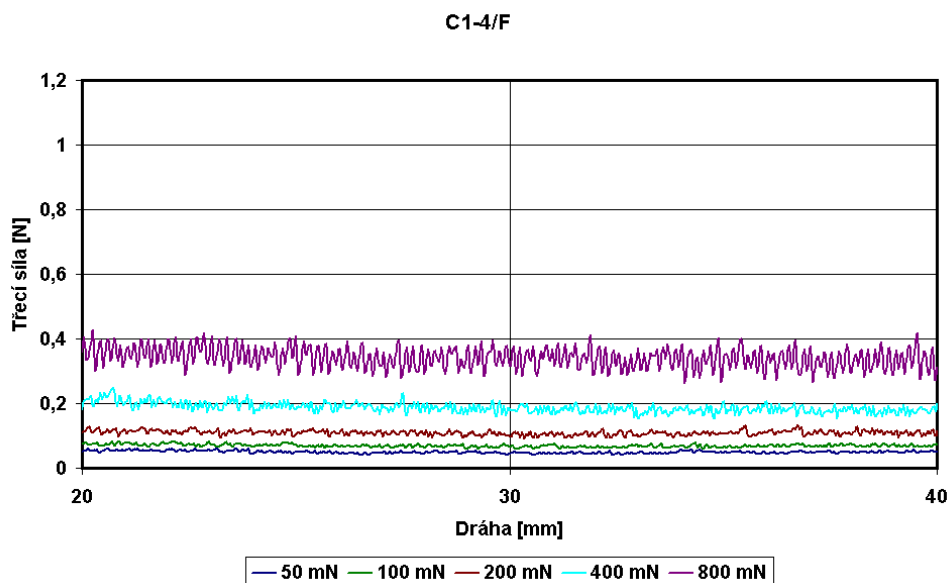
## 8.10 MEXIKO třené z lící strany ve směru osnovy o čtyři typy materiálu

Pro další měření byl použit materiál MEXIKO. Jedná se o bavlněnou tkaninu modro-bílé barvy v keprové vazbě. Materiál byl třen z lící strany ve směru osnovy o čtyři typy netextilních materiálů a to o koženku, překližku, sklo a podlahovou krytinu Jekor.

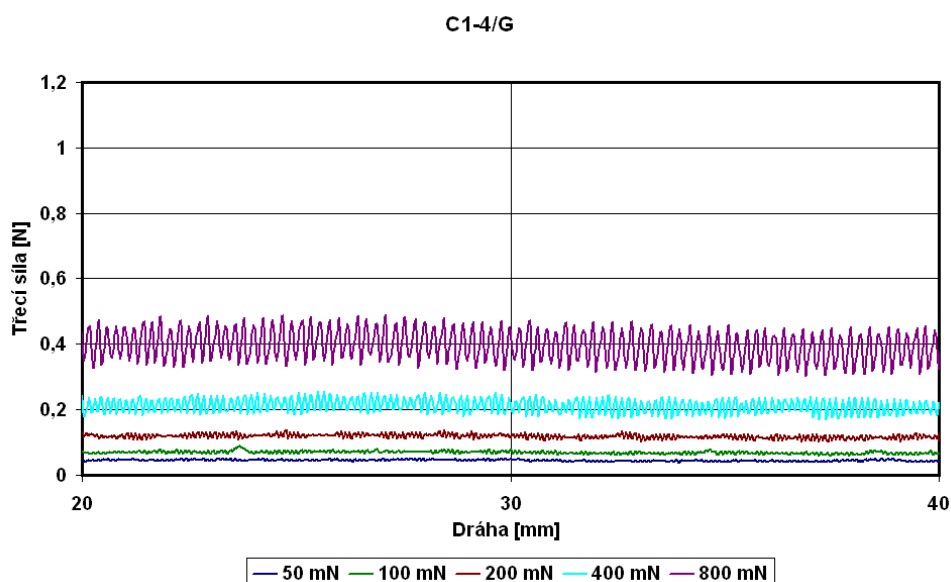
Graf 33. představuje vzorek tkaniny MEXIKO třený z lící strany ve směru osnovy o koženku.



Graf 33. Mexiko z lící strany třené ve směru osnovy o koženku



Graf 34. Mexiko z lící strany třené ve směru osnovy o překližku



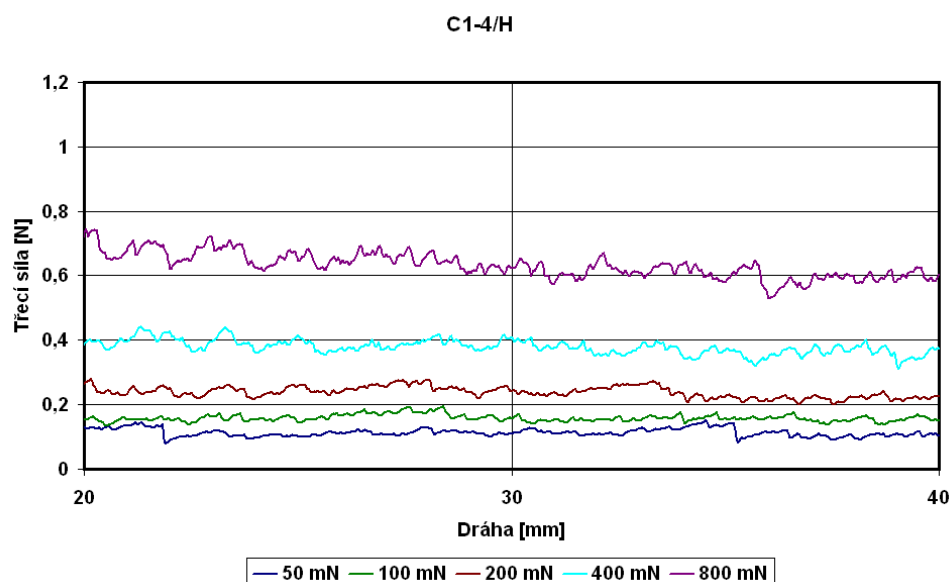
*Graf 35. Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o sklo*

Graf 34. představuje vzorek tkaniny Mexiko třený z lící strany ve směru osnovy o překližku.

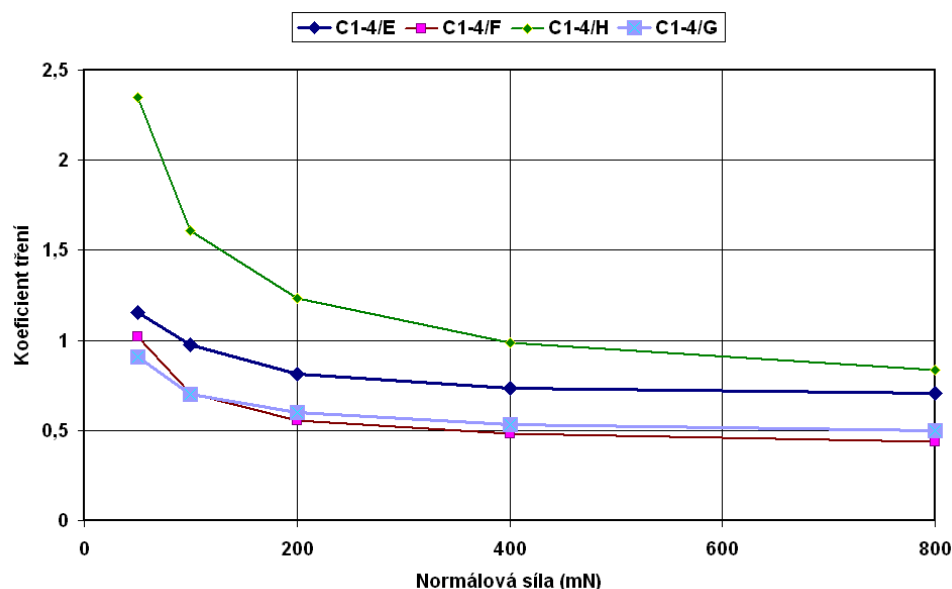
Graf 35. představuje vzorek tkaniny Mexiko třený z lící strany ve směru osnovy o sklo.

Graf 36. představuje vzorek tkaniny Mexiko třený z lící strany ve směru osnovy o podlahovou krytinu Jekor.

Posledním grafem v téhle kapitole je graf závislosti koeficientu tření na normálové síle.



*Graf 36. Mexiko z lící strany ve směru osnovy třený o podlahovou krytinu*



Graf 37. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu MEXIKO, získaná z grafů 33,34,35,36

Další čtveřice grafů se zabývala třením materiálu MEXIKO z lící strany ve směru osnovy o čtyři typy netextilních materiálů, a to o koženku, překližku, sklo a podlahovou krytinu. Materiál MEXIKO je bavlněná tkanina v keprové vazbě.

U vzorků materiálu Mexiko třeného lící stranou ve směru osnovy po koženke, překližce a skle, se velikosti třecí síly od sebe příliš nelišila. Třecí síla se pohybuje u všech třech vzorků okolo hodnot 0,4 až 0,6 při přitlaku 800 mN. Nejrozdílnějším se stal vzorek třený o podlahovou krytinu. Jak bylo v předešlé kapitole zmíněno, jednalo se o materiál s vysokou chlupatostí, vzorky tkaniny Mexiko se tedy o něj při tření zachytávaly. Docházelo tak k velmi nepravidelnému průběhu třecí síly. Kolísání třecí síly se nejvíce projevilo při přitlaku 50 mN, s přibývajícím zatěžením vliv chlupatosti klesal.

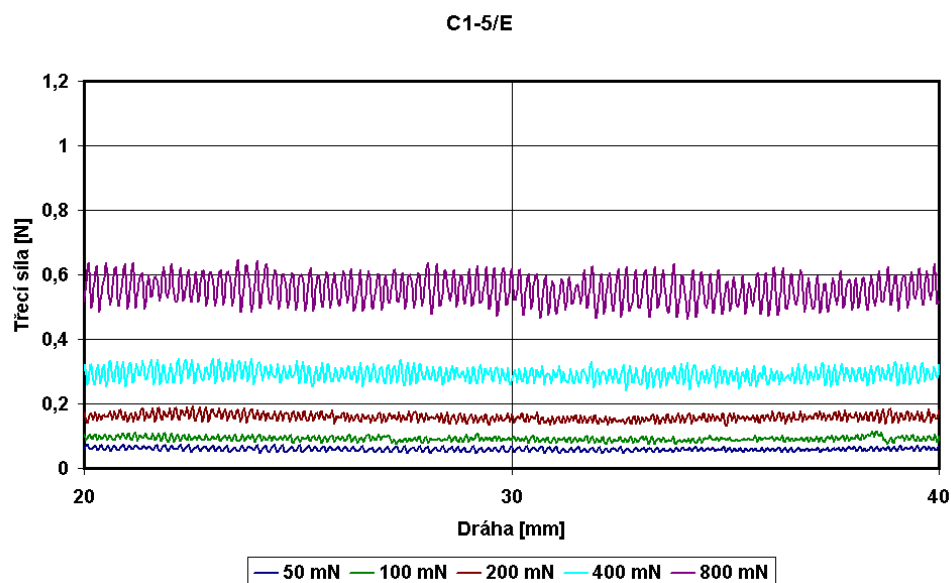
Pro lepší představivost byl vytvořen graf závislosti koeficientu tření (graf 37.), na kterém vidíme průběh křivky u všech vzorků. Nejvíce se od ostatních lišil vzorek třený o podlahovou krytinu, u kterého je vidět opravdu vysoká hodnota koeficientu tření při minimálním zatížení.

## 8.11 MEXIKO třené z lící strany ve směru diagonály o dva typy materiálu

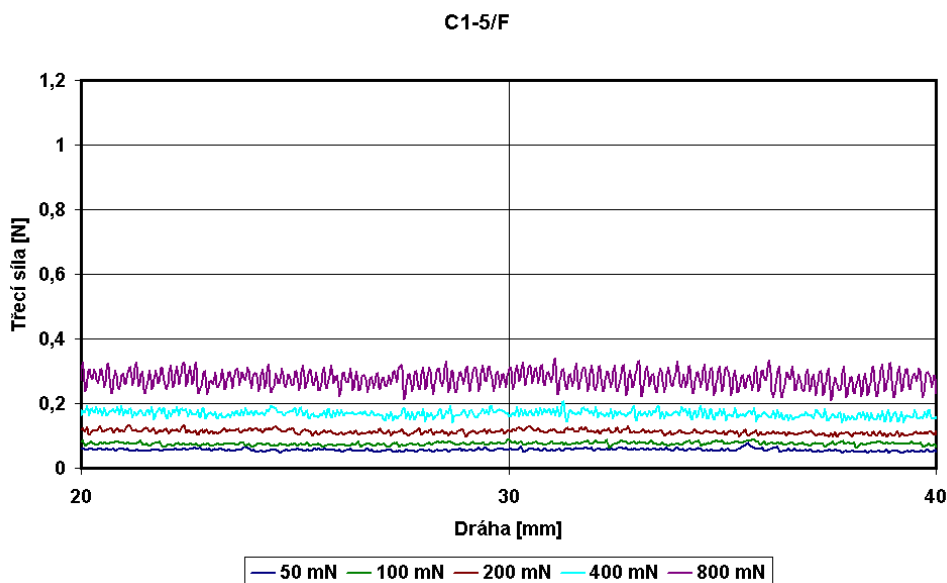
Tkanina MEXIKO byla třena z lící strany ve směru diagonály o dva netextilní materiály, a to koženku a překližku.

Graf 38. představuje vzorek materiálu Mexiko z lící strany ve směru diagonály třený o koženku

Graf 39. představuje vzorek materiálu Mexiko třený z lící strany ve směru diagonály o překližku.

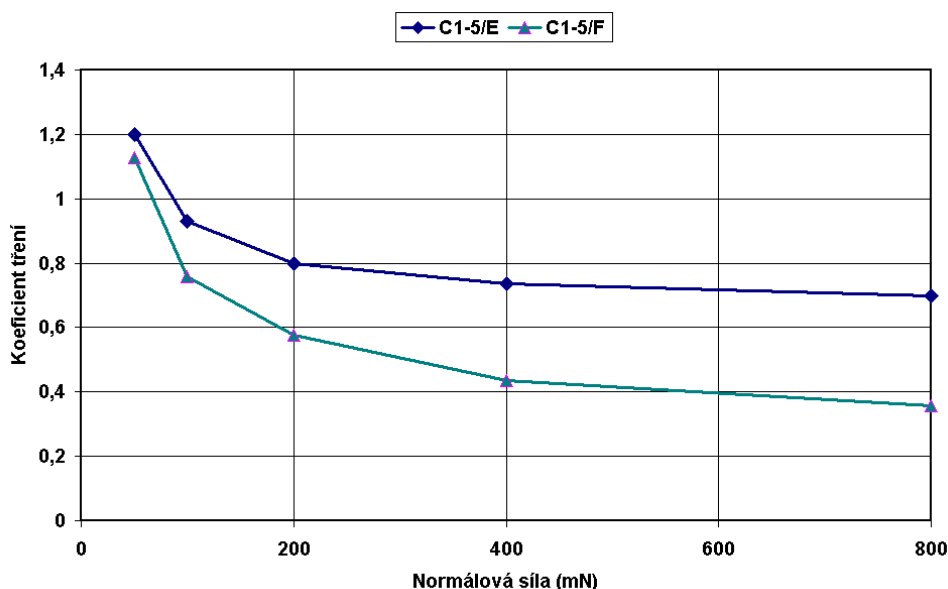


Graf 38. Mexiko z lící strany ve směru diagonály třené o koženku



Graf 39. Mexiko z lící strany ve směru diagonály třené o překližku





Graf 40. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu MEXIKO, získanou z grafů 38,39

Další měření bylo provedeno opět s materiálem MEXIKO. Materiál byl třen z lící stany ve směru diagonály o dva typy podkladového materiálu, a to o koženku a překližku.

U vzorku třeného o koženku je tření pravidelnější, jelikož adheze je během průběhu zkoušky téměř stejně velká. U vzorku třeného o překližku dochází vlivem nerovnosti povrchu podkladového materiálu k nepravidelnosti křivky třecí síly. Kolísání velikosti třecí síly se pohybuje mezi hodnotami 0,2 až 0,4 při přítlaku 800 mN.

U grafu závislosti (graf 40.) je vidět různě velký koeficient tření pro oba vzorky. Zde hraje velkou roli povrch podkladového materiálu ale i samotná struktura třeného vzorku.

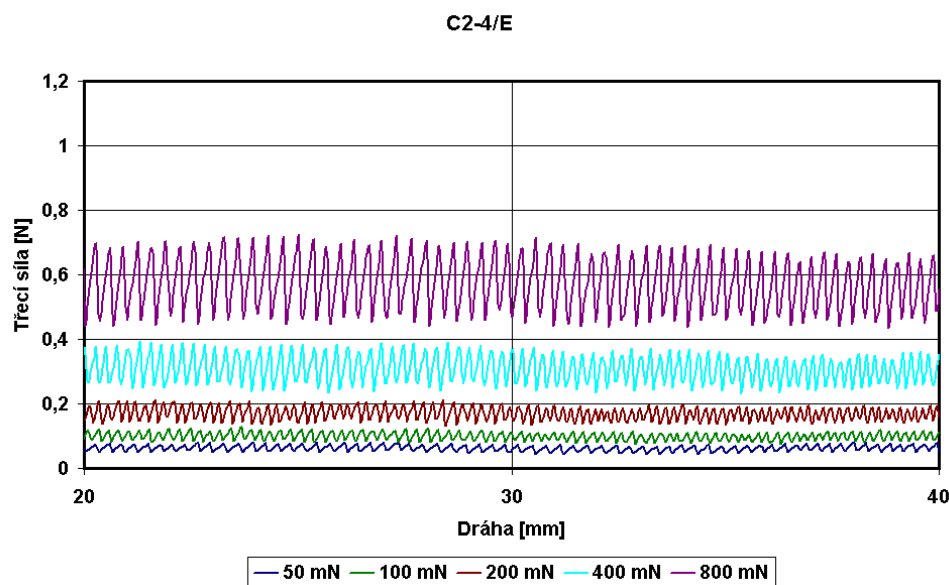
U materiálu třeného o překližku se vlivem normálového zatížení snižuje adheze, dochází tedy ke snížení koeficientu tření.

## 8.12 MEXIKO třené z rubní strany ve směru osnovy o dva typy materiálu

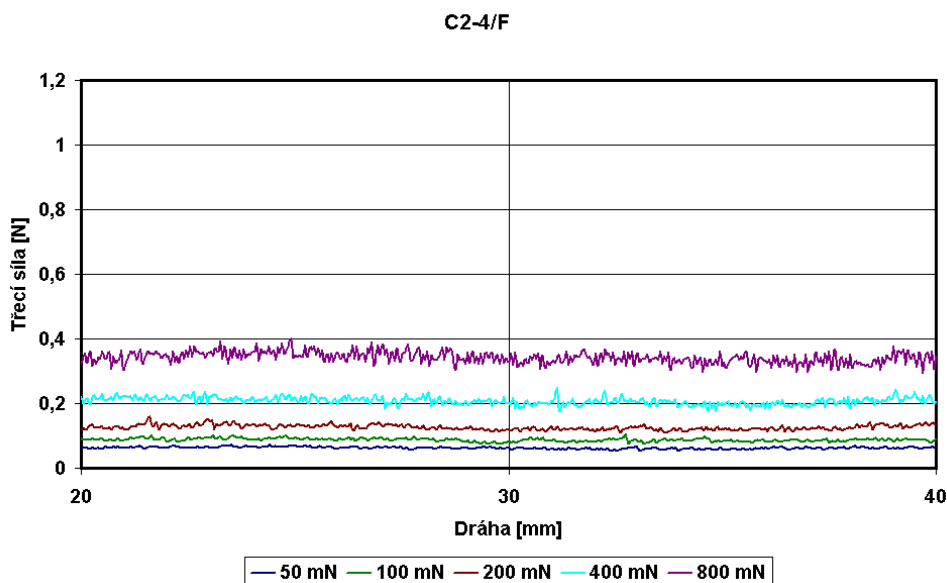
Materiál MEXIKO bylo třeno z rubní strany ve směru osnovy o dva typy netextilních materiálů, a to o koženku a překližku.

Graf 41. představuje vzorek tkaniny Mexiko třený z rubní strany ve směru osnovy o koženku.

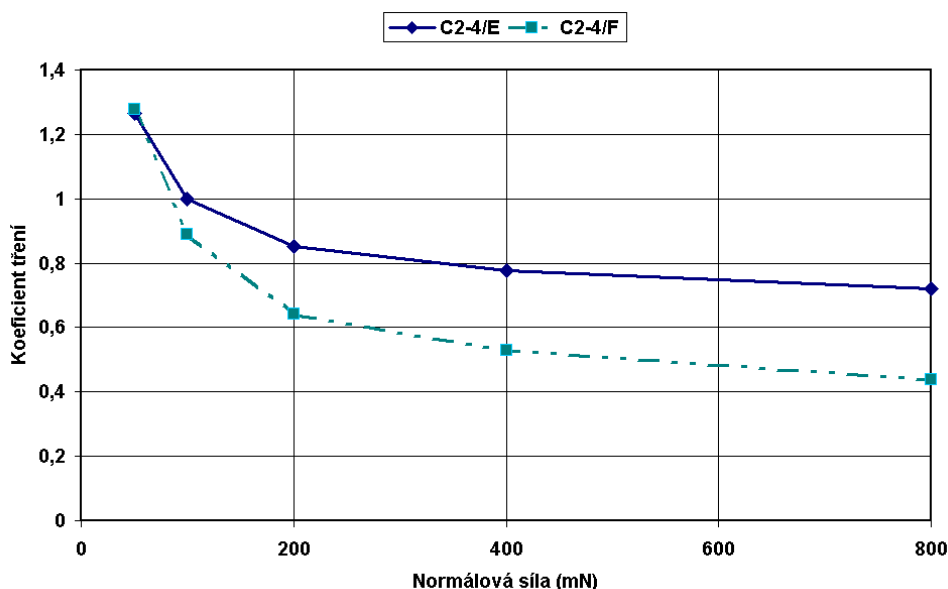
Graf 42. představuje vzorek tkaniny Mexiko třený z rubní strany ve směru osnovy o překližku.



*Graf 41. Mexiko z rubní strany ve směru osnovy třené o koženku*



*Graf 42. Mexiko z rubní strany ve směru osnovy třené o překližku*



Graf 43. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu MEXIKO, získanou z grafů 41,42

Materiál Mexiko byl v předešlých kapitolách třen ve směru útku a diagonály. Tahle kapitola byla zaměřena na vyhodnocení vzorků třených ve směru osnovy o koženku a překližku.

Na grafu 41. je vidět vzorek materiálu Mexiko ve směru osnovy třený o koženku. Třecí síla se po celou dobu zkoušky pohybuje rovnoměrně. Rovnoběžný průběh třecí síly je způsoben stále se opakující přilnavostí vzorku s podkladovým materiálem, v tomto případě s koženkou.

Na grafu 42. je vidět vzorek materiálu Mexiko ve směru osnovy třený o překližku. Při tření dochází k nepravidelnému kolísání třecí síly, která je způsobena nerovností povrchu. Dochází zde k vnitřnímu tření, které způsobuje deformaci textilie.

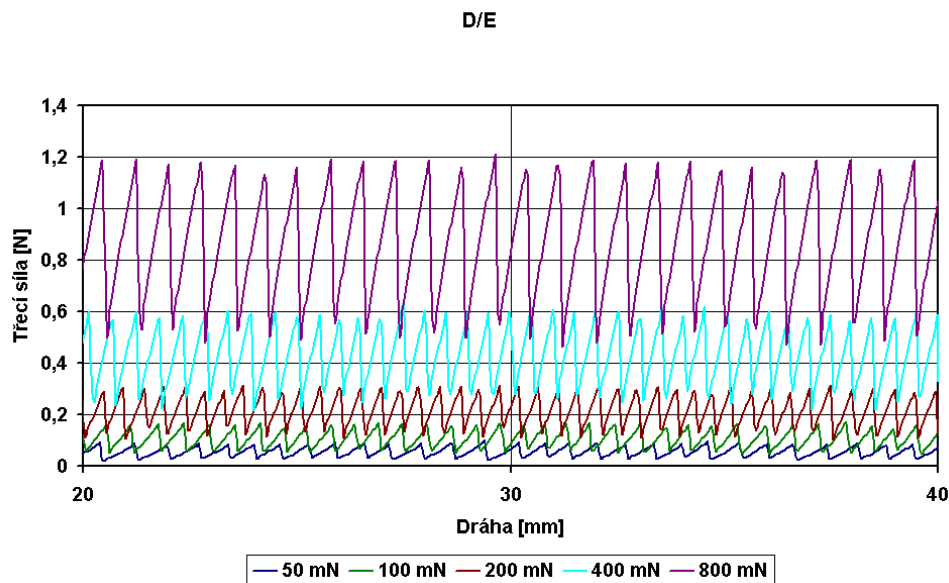
U grafu závislosti (graf 43.) je vidět průběh zkoušky tření obou vzorků. Na začátku zkoušky tření vzniká pro obě křivky stejná adheze. S přibývajícím zátěží se přilnavost mění a mění se i velikost koeficientu tření.

### 8.13 PAD síť třená o čtyři typy materiálu

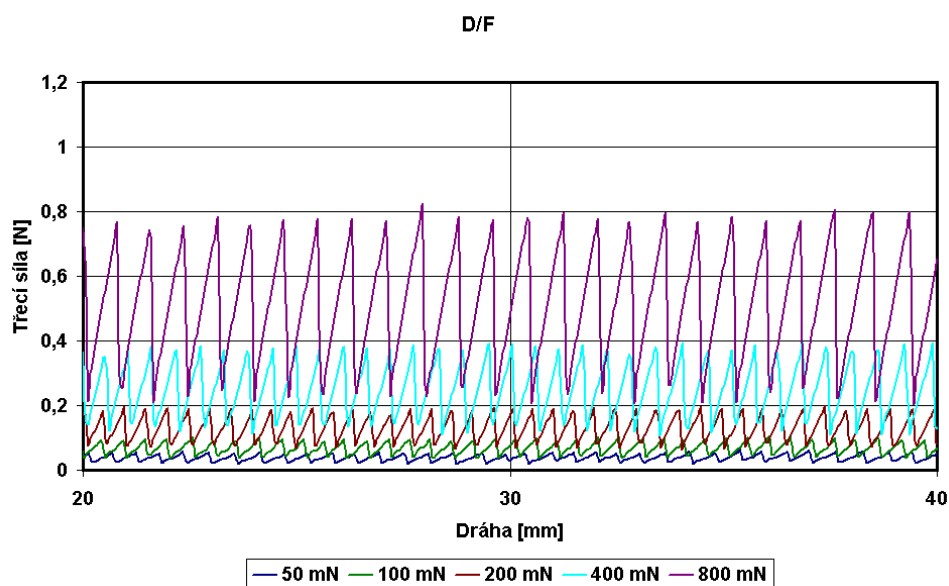
Pro další měření byla použita PAD síť, tvořena v plátňové vazbě s pojenými vaznými body. PAD síť byla třena o čtyři typy netextilního materiálu a to o koženku, překližku, sklo a podlahovou krytinu Jekor.

Graf 44. představuje vzorek PAD sítě třený o koženku.

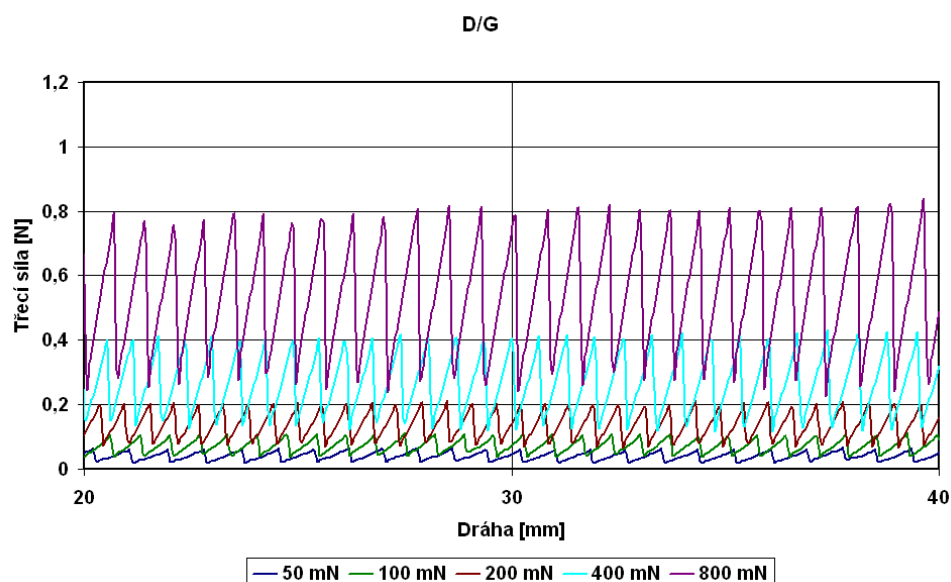
Graf 45. představuje vzorek PAD sítě třený o překližku.



Graf 44. PAD síť třená o koženku



Graf 45. PAD síť třená o překližku

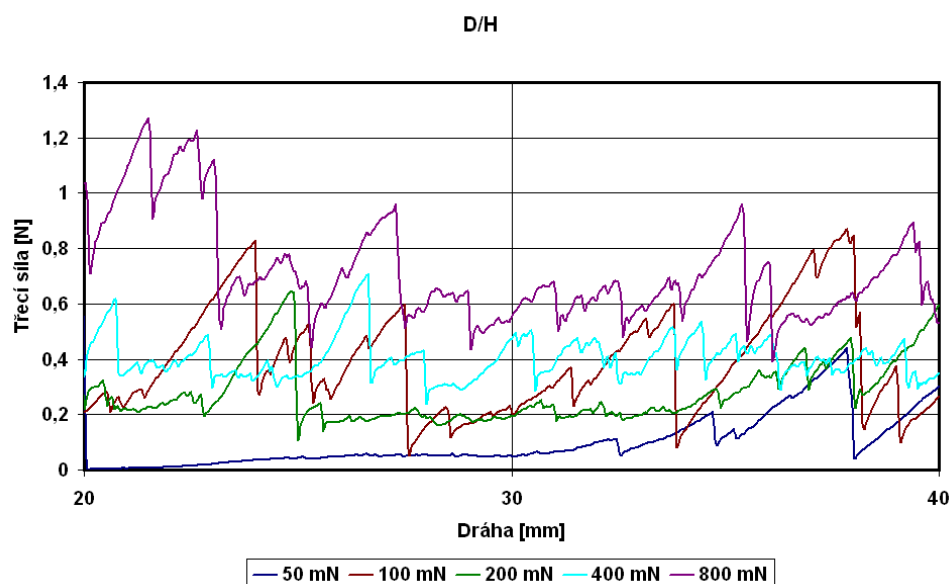


Graf 46. PAD síť třená o sklo

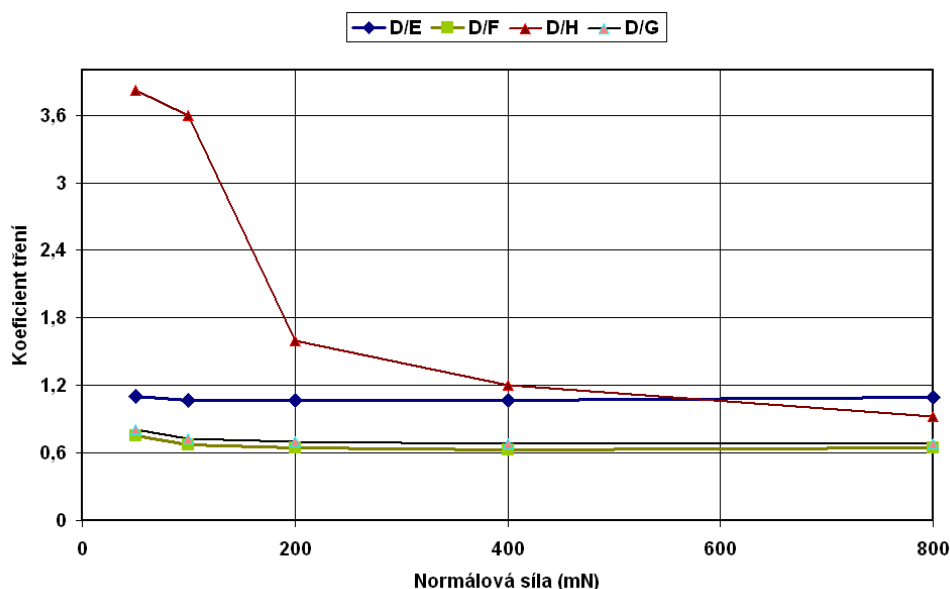
Graf 46. představuje vzorek PAD sítě třený o sklo.

Graf 47. představuje vzorek PAD sítě třený o podlahovou krytinu zvanou Jekor.

Posledním grafem je graf závislosti koeficientu tření na normálové síle.



Graf 47. PAD síť třená o podlahovou krytinu



Graf 48. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu PAD síť, získaná z grafů 44,45,46,47

Nejzajímavější výsledky vznikly při tření PAD sítě o koženku, překližku, sklo a podlahovou krytinu. Docházelo zde k opravdu výraznému kolísání třecí síly.

Po zhlédnutí grafů 44., 45. a 46. je viditelný pomalý nárůst a rychlý pád třecí síly. Hroty křivky jsou v relativně stejné úrovni, průběh zkoušky byl proto plynulý bez větších změn.

Oproti tomu u grafu 47., tedy u vzorku PAD síť třené o podlahovou krytinu, dochází k velmi nepravidelnému kolísání. Kolísání je způsobeno podkladovým materiálem, který se vyznačuje velkou chlupatostí, jak bylo již dříve zmíněno. Třený vzorek se o chloupky podkladového materiálu zachytává, a nedochází tak pravidelnému pohybu.

U všech vzorků docházelo během tření k tzv. Stick-slip efektu, což je tzv. přilepení a následné uklouznutím vzorku po podkladovém materiálu.

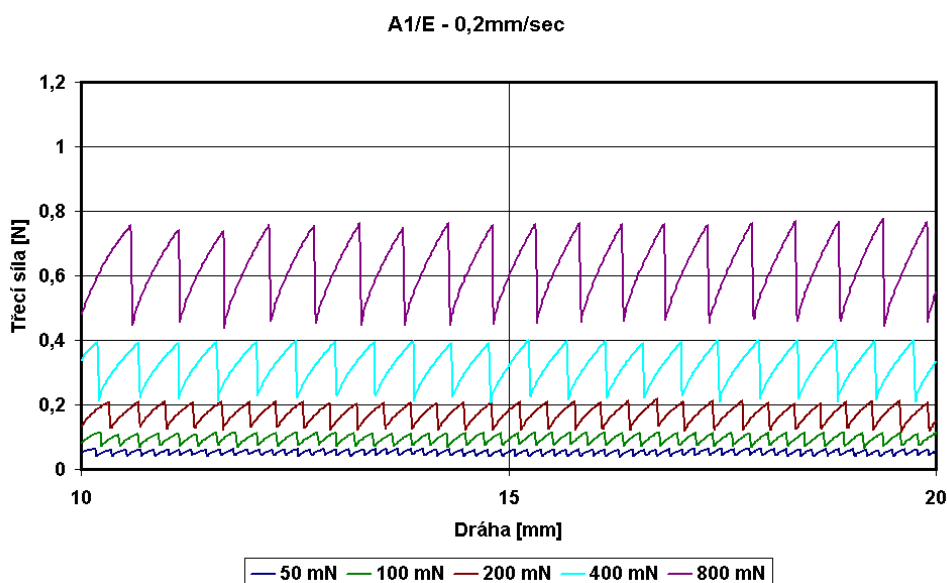
## 8.14 SANTOS z lící strany třený o tři typy materiálu po dráze $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$

Další zkouška tření byla provedena s materiálem SANTOS, který byl třen z lící strany o tři typy netextilních materiálů. Zkouška se prováděla po zkrácené dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

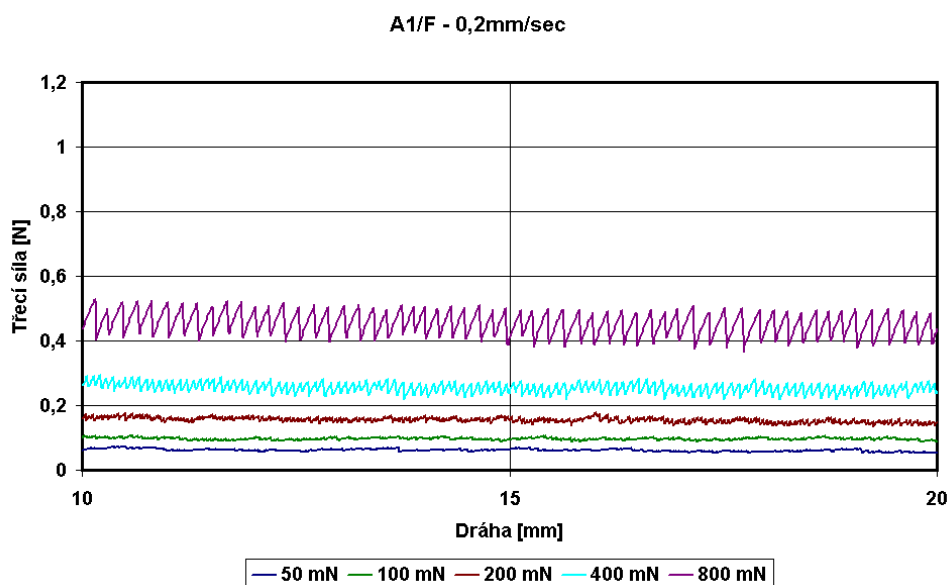
Graf 49. představuje vzorek tkaniny Santos z lící strany třený o koženku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Graf 50. představuje vzorek tkaniny Santos z lící strany třený o překližku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

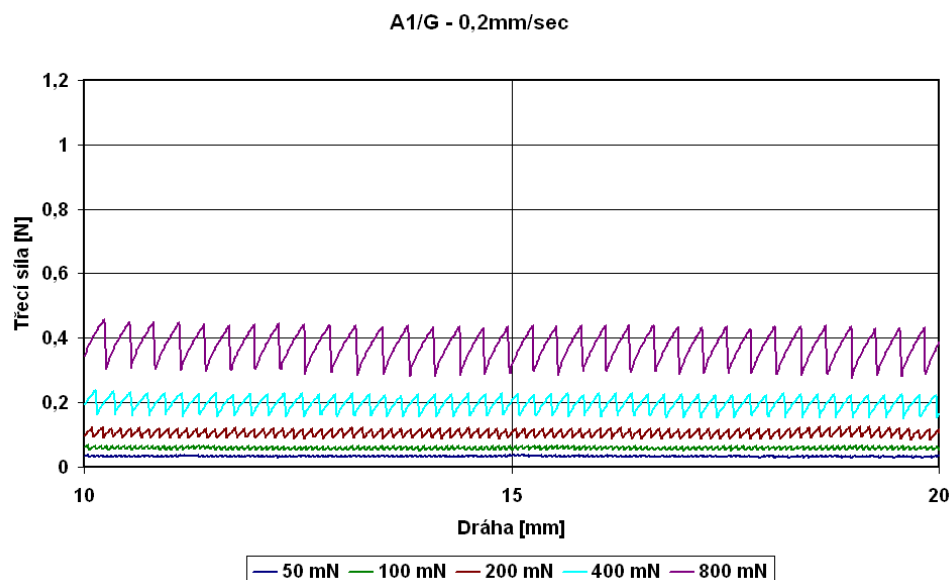
Graf 51. představuje vzorek tkaniny Santos z lící strany třený o podlahovou krytinu Jekor po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ .



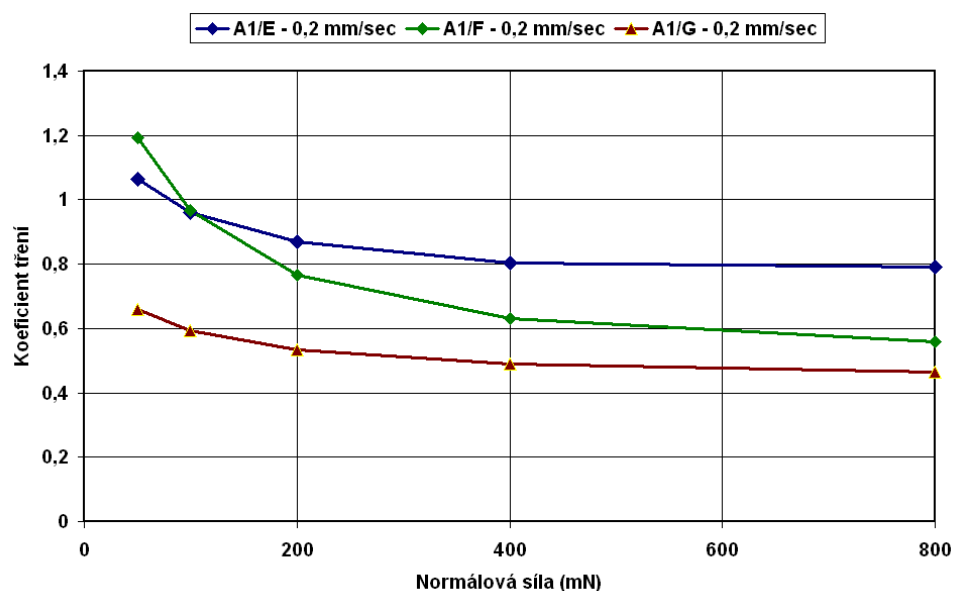
Graf 49. Santos z lící strany třený o koženku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 50. Santos z lící strany třený o překližku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 51. Santos z lící strany třený o sklo po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 52. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS, získaná z grafů 49,50,51

U vzorku tkaniny SANTOS třené z lící strany o koženku, překližku a sklo, byl znát stick-slip efekt. Jev byl viditelný i u předešlé zkoušky s PAD sítí. Při nižší rychlosti, tedy při rychlosti  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  byla amplituda Stick-slip efektu výraznější.

Všechny tři grafy měly podobný průběh, pouze graf se vzorkem třeným o překližku měl vyšší koeficient tření. Vyšší koeficient tření byl způsoben vlivem nerovnosti podkladového materiálu, docházelo zde k nízké přilnavosti.



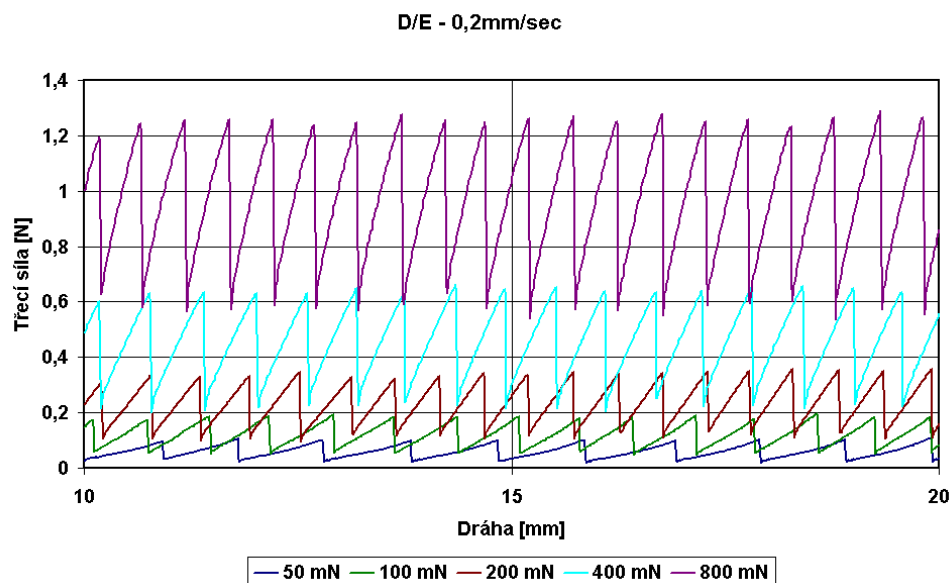
### 8.15 PAD síť třená o tři typy materiálu po dráze $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$

Pro další měření byla použita PAD síť, která byla třena o koženku, překližku a podlahovou krytinu Jekor. Tření se stále provádělo po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

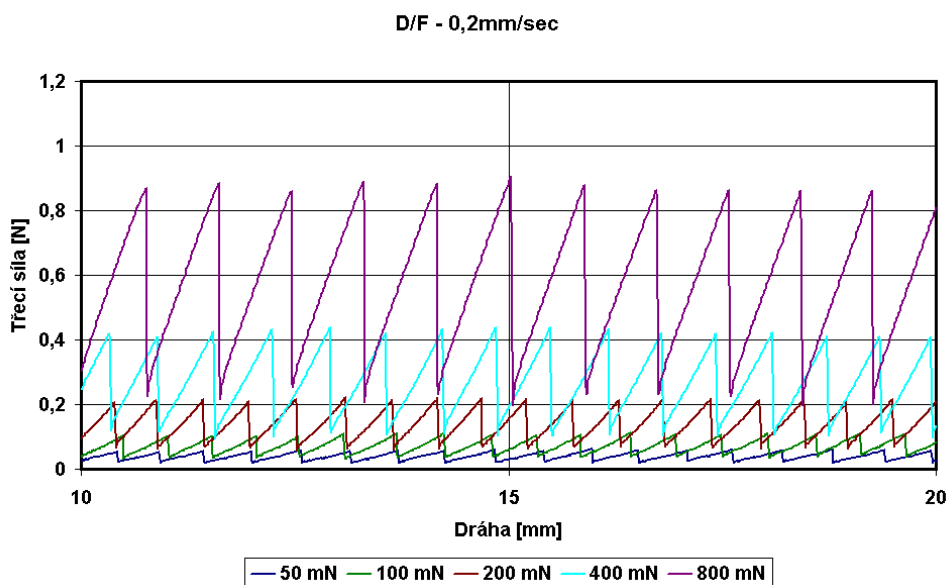
Graf 53. představuje vzorek PAD sítě třené o koženku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

Graf 54. představuje vzorek PAD sítě třené o překližku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .

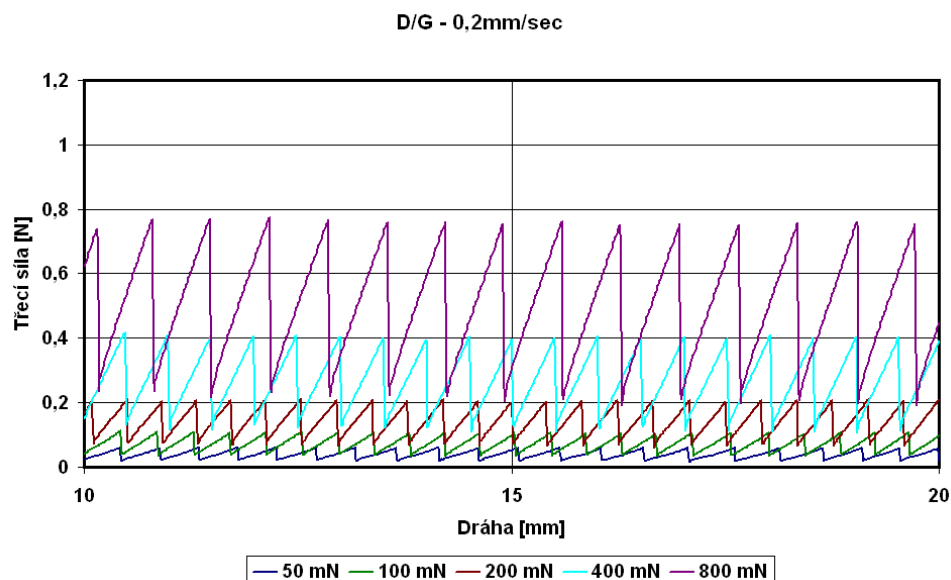
Graf 55. představuje vzorek PAD sítě třené o sklo po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ .



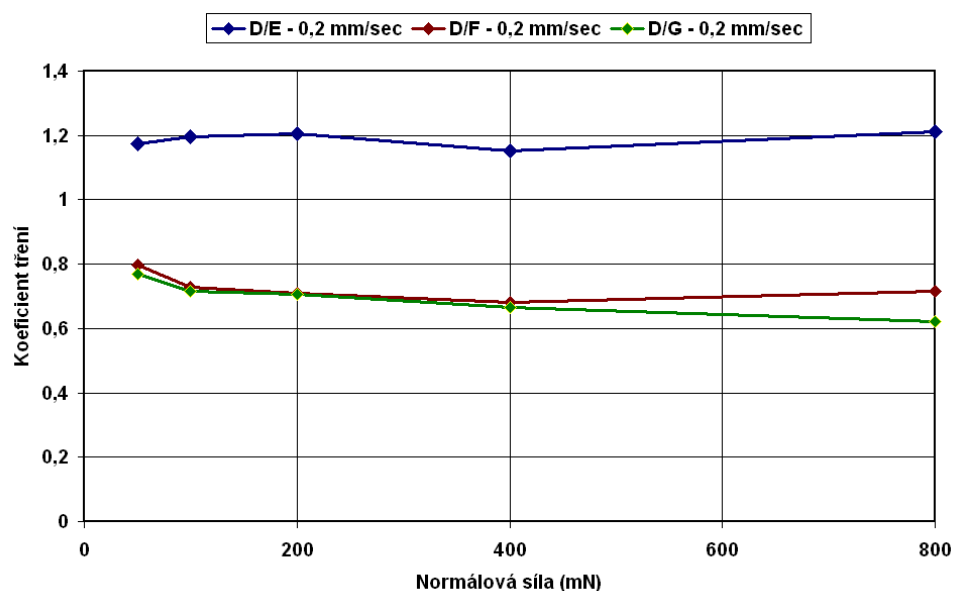
Graf 53. PAD síť třená o koženku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 54. PAD síť třená o překližku po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 55. PAD síť třená o sklo po dráze  $0,2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$



Graf 56. Závislost koeficientu tření na normálové síle PAD sítě, získaná z grafů 53,54,55

Zkouška tření PAD sítě o koženku, překližku a sklo. Jedná se o podkladové materiály s relativně hladkým povrchem, proto byl průběh třecí síly u všech grafů podobný. U vzorků při zkoušce tření docházelo k plynulému pohybu, což má za následek rovnoběžné kolísání hodnot třecí síly.

Při tření vznikl stick-slip efekt, který způsobil nárůst hodnot a jejich následný pád.

## 8.16 NESTOR a PAD síť třené o tři typy materiálu po dráze

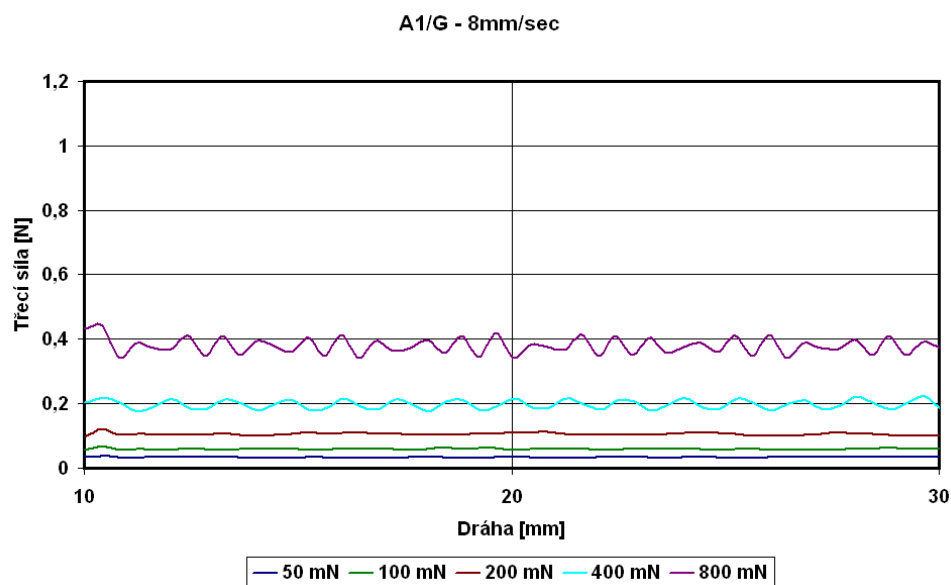
**8 mm.sec<sup>-1</sup>**

Pro poslední měření byl použit materiál NESTOR a PAD síť. Materiál Santos byl třen o koženku a sklo a PAD síť pouze o sklo. Zkouška se prováděla po dráze 8mm·sec<sup>-1</sup>.

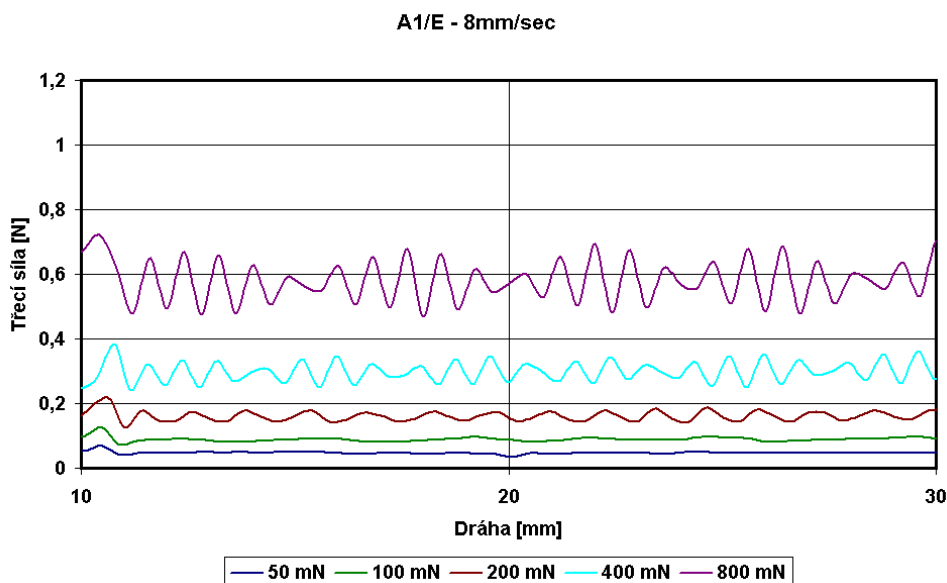
Graf 57. představuje vzorek materiálu Santos třený z lící strany o sklo po dráze 8 mm·s<sup>-1</sup>.

Graf 58. představuje vzorek materiálu Santos třený z lící strany o koženku po dráze 8 mm·s<sup>-1</sup>.

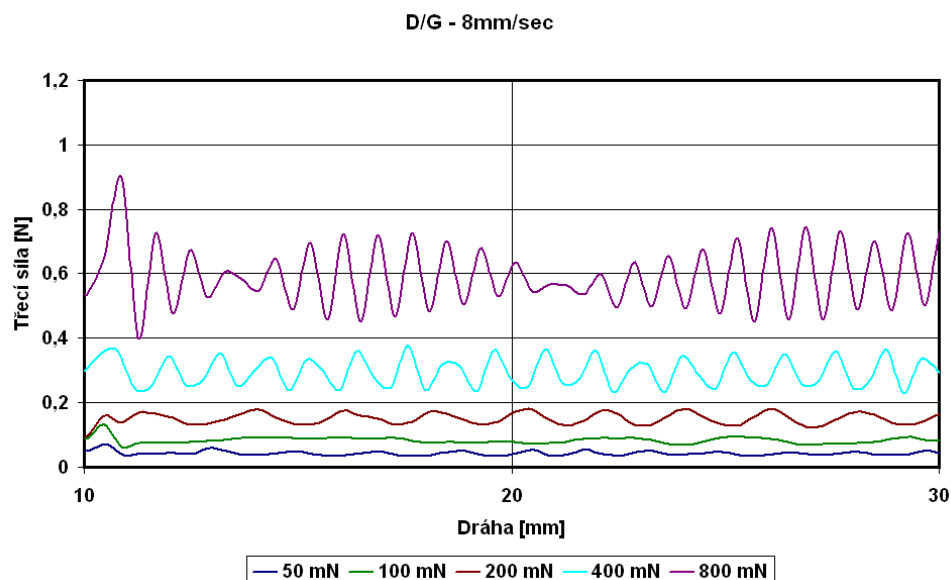
Graf 59. představuje vzorek PAD sítě třené o sklo po dráze 8 mm·s<sup>-1</sup>.



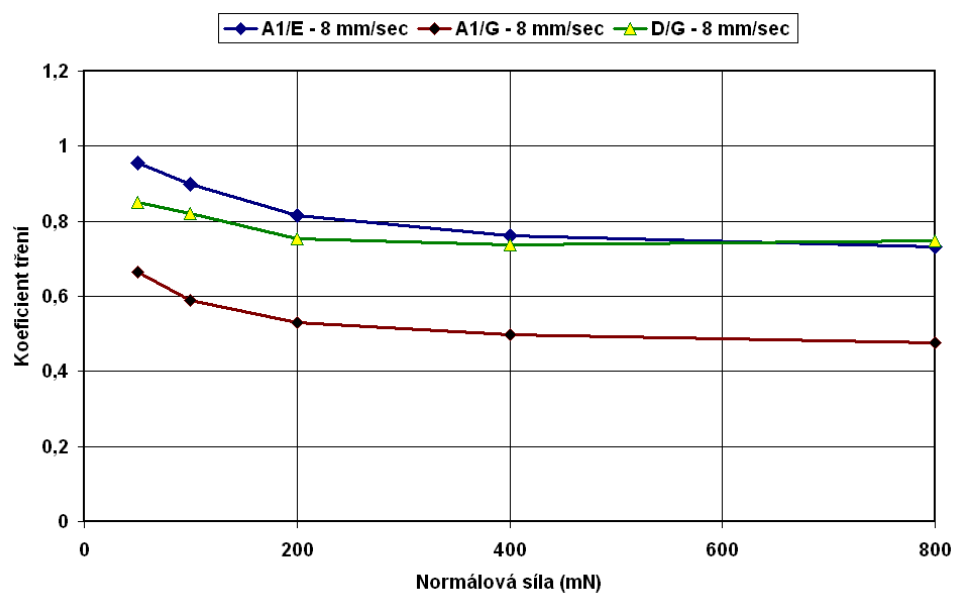
Graf 57. Santos z lící strany třený o sklo po dráze 8 mm·s<sup>-1</sup>



Graf 58. Santos z lící strany třený o koženku po dráze 8 mm·s<sup>-1</sup>



Graf 59. PAD síť třená o sklo po dráze  $8 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ .



Graf 60. Závislost koeficientu tření na normálové síle materiálu SANTOS a PAD sítě, získaná z grafů 57,58,59

Poslední měření, které se provedlo, bylo při rychlosti  $8 \text{ mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ . Vlivem velké rychlosti, docházelo k nedostatečnému zápisu dat, proto docházelo k nepravidelnému kolísání třecí síly. Při měření vznikala velká proměnlivá síla, která způsobila rozkmitání kladky uchycené v čelistech.

## 9 Závěr

Tření textilií je nevyzpytatelný jev, který nelze zhodnotit pouze na základě odhadů. Je třeba provést řadu měření na různých přístrojích. Průběh tření textilie může ovlivnit spousta faktorů, z nichž lze jmenovat strukturu materiálu, adhezi, jemnost příze, její finální úpravy a další.

Svou bakalářskou prací jsem chtěla nastínit způsob, kterým lze zkoumat tření a určit, u které tkaniny se tření projevuje více či méně. K realizaci experimentu bylo vybráno několik druhů textilií. Byly to tkaniny s různými vazbami a jemnostmi příze, které jsme použili pro přípravu vzorků. Podkladový materiál, o který jsme vzorky třeli, se skládal z různých materiálů, např. koženky, překližky, skla a podlahové krytiny.

Měření bylo prováděno na dynamometru INSTRON 4411, který je umístěn na katedře textilních technologií. Studie poskytla celou řadu zajímavých výsledků, z nichž nejvíce překvapujícím bylo měření třecí síly PAD sítě třené o podlahovou krytinu. Jak lze zjistit z výsledků zobrazených na grafech, docházelo v tomto případě k výraznému nepravidelnému kolísání třecí síly. Z výše uvedených výsledků je možné usuzovat, že spojení těchto dvou materiálů není příliš vhodné.

Zajímavé bylo také pozorovat kolísání křivky v průběhu tření různých směrů tkanin, jak již osnovy, útku nebo diagonály. Je to zřejmě způsobeno pohybem navzájem kolmých soustav podkladového materiálu a horního vzorku po vlně vazného bodu.

Pro lepší představivost byl pro každou sérii grafů vytvořen souhrnný graf, který poukazuje na závislost koeficientu tření na velikosti normálové síly.

Výsledkem práce bylo zjištění velikosti třecí síly a posouzení vhodnosti materiálu pro další zpracování a použití.

K nejvyšším hodnotám třecí síly, tedy k největšímu opotřebení, docházelo při zatížení 800 mN. Velikost třecí síly byla u každého materiálu různá, k nejlepším výsledkům dospěla tkanina s nízkou jemností příze, tvořena plátňovou vazbou. K největšímu opotřebení docházelo tedy při tření tkaniny o podkladový materiál s nerovným povrchem.

Má-li materiál v budoucnu lépe odolávat stále většímu opotřebení, musí se začít řešit především vhodnost použité příze, ale také správné spojení materiálů.

## **10 Literatura**

- [1] Howell, H. G., Mieszkis, K. W., Tabor, D.: *Fiction in textiles*. Butterworths Scientific Publications 1959.
- [2] Kovář, R., Konečný, F.: *Stick-slip phenomenon of woven fabrics*. TU v Liberci 2003
- [3] Wagner, J.: *Fyzika* [přehled pro textilní fakultu]. VŠST v Liberci 1989.
- [4] Kovář, R.: *Struktura a vlastnosti plošných textilií*. TU v Liberci 2003.
- [5] Kůs, Z., Kovář, R.: *Periodicity in textile fiction*. TU of Liberec 2003
- [6] Farska Lea: *Zařízení pro měření koeficientu tření u textilií* (diplomová práce), TU Liberec, fakulta textilní, 2004
- Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [7] <http://cs.wikipedia.org/>
- Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Stick-slip\\_phenomenon](http://en.wikipedia.org/wiki/Stick-slip_phenomenon)
- Oficiální stránka encyklopedie Wikipedia
- [9] [http://en.wikipedia.org/wiki/Normal\\_force](http://en.wikipedia.org/wiki/Normal_force)
- Oficiální stránka encyklopedie seznam
- [10] <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/502199-normalova-sila>